



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Ingeniería Técnica Industrial: Electrónica Industrial

CIRCUITO DE CONTROL DE ALIMENTACIÓN PARA UNA VIVIENDA HÍBRIDA CON MICROPROCESADOR

Autor:
Mario García Izquierdo

Tutor:
Luis Hernández Corporales

Octubre 2009

Índice

Resumen	1
CAPÍTULO I: Introducción	2
La Energía Solar	3
Situación actual: pasado, presente y futuro.	4
Sistemas Híbridos	5
Potencia del sistema	7
Paneles solares	9
Inversor	11
Baterías	13
Capítulo II: Diseño del sistema	16
Cómo funciona	19
Sistema de control.....	22
Capítulo III: Diseño de Hardware.....	32
Medidor de corriente.....	35
Circuito de disparo de Triacs	40
Circuito detector de paso por cero	41
Comparador batería.....	44
Circuito de alimentación de 5V	48
Capítulo IV: Diseño del software.....	52
Herramientas	53
Funcionamiento	58
Capítulo V: Construcción y Medidas	65
Diseño de PCB.....	66
Medidas	74
Capítulo VI: Presupuesto	80
Presupuesto de material.....	81
Presupuesto de Personal	83
Resumen de presupuesto.....	84
Capítulo VII: Conclusiones	85
Capítulo VIII: Bibliografía.....	87
Capítulo IX: Anexos.....	89
Hojas de Características	90
Código de Programa y configuración	104
Esquemas y Layout de la PCB	110



Resumen

El presente proyecto trata de diseñar y construir una “vivienda hibrida inteligente”.

Uno de los grandes problemas de las fuentes de energías renovables es su escasa potencia, ya que hoy en día, un panel fotovoltaico de unas dimensiones razonables para una vivienda, no podría abastecerla en su totalidad.

Debido a que una vivienda según los momentos del día, no siempre se tiene un gran consumo energético, ya que a unas horas sólo se tendrá alumbrado y pequeños aparatos electrónicos como por ejemplo un despertador y a otras horas se tendrá una demanda de corriente mucho más elevado ya sea por lavadoras, lavavajillas, plancha, etc.

Mediante esta reflexión, se trata de crear un sistema que alimente sin interrupciones a la vivienda mediante la red eléctrica o una fuente de energía alternativa como por ejemplo paneles fotovoltaicos, conmutando de una fuente a otra dependiendo de la energía demandada, sin tener cortes en el consumo y conmutando de una a otra en el paso por cero de la tensión para alargar la vida del dispositivo.



CAPÍTULO I:

Introducción



La Energía Solar

Hoy en día debemos pensar a escala mundial sobre temas como la lucha contra el calentamiento global o la reducción de emisiones de dióxido de carbono. La energía solar, que tiene pocas limitaciones de recursos y un impacto medioambiental adverso mínimo, seguramente se convertirá en algo cada vez más esencial para nuestras vidas en los años venideros.

La generación de energía solar es un sistema de energías limpias, que genera electricidad a partir de la luz solar que llega a la Tierra. Se puede usar en cualquier sitio, en grandes edificios, en fábricas y en casas residenciales. Tanto clientes comerciales como clientes particulares están mostrando un creciente interés en la generación de energía solar. Como se muestra en la siguiente tabla, las energías que actualmente utiliza la sociedad tienen un periodo relativamente corto de extinción, lo que hace potenciar el interés por la investigación de energías renovables como la solar.

(Suministro restante de combustible fósil en número de años y volumen extraíble)

Combustible Fósil	Petróleo	Uranio	Gas Natural	Carbón
Fecha estimada en que se agotará	39.9 años (2001)	64.2 años (1999)	61 años (2001)	227 años (2001)
Volumen extraíble	1,046 billones de barriles	3.95 millones toneladas	150 trillon m cúbicos	984 billones toneladas

Tabla 1



Situación actual: pasado, presente y futuro.

Aunque las bases del efecto fotovoltaico eran conocidas desde principios de siglo, hasta el año 1954 no se consiguió producir la primera célula que aprovechara dicho efecto con un rendimiento razonable.

En 1956 Loferski publicó unas tablas de rendimiento de conversión fotovoltaica para todos los materiales semiconductores y a principios de los años setenta se obtuvieron en laboratorio rendimientos del 20% trabajando con células monocristalinas de arseniuro de galio (GaAs). Dicho rendimiento se reduce al producir las células a escala industrial.

Se han realizado experiencias con células compuestas por dos capas: una de sulfuro de cadmio (SCd) y otra de sulfuro de cobre (SCu₂), que presentan la ventaja de utilizar muy poco material activo y un proceso de fabricación más sencillo. Por el contrario, los rendimientos son tan bajos que no permiten su utilización a escala industrial.

La comercialización de células solares fotovoltaicas comenzó con las de silicio monocristalino, que aún ocupan el primer lugar en el mercado. Más tarde aparecieron las compuestas por material policristalino, de fabricación más económica, aunque de menor rendimiento. Presentan la ventaja adicional de poder ser fabricadas en forma cuadrada y así aprovechar mejor el área rectangular disponible en un panel.

Recientemente han aparecido en el mercado células de silicio amorfo, extendiendo su uso para dispositivos de muy baja potencia, como calculadoras o relojes. También han aparecido tecnologías más sofisticadas, como las películas delgadas de semiconductor o las combinaciones de diversos semiconductores, a fin de optimizar la respuesta a la acción de la luz solar, las celdas de CIS (diseleniuro de indio de cobre) y CdTe (teluro de cadmio). Éstas están comenzando a ser comercializadas.



También podemos destacar una contribución española, las células bifaciales. Estas células son capaces de aprovechar la radiación por sus dos caras, y se experimenta con dispositivos concentradores para aumentar la intensidad de la radiación incidente sobre la superficie de la célula.

Las investigaciones para conseguir productos más eficientes y económicos continúan a buen ritmo, a pesar de que son pocas las compañías con capacidad suficiente para acometer las elevadas inversiones que requiere el desarrollo de esta tecnología.

Sistemas Híbridos

En aquellos casos en los que sea necesario una disponibilidad constante y permanente de energía eléctrica, o bien cuando son necesarias elevadas cantidades de energía eléctrica, un sistema secundario, ya sea un generador convencional o la misma red eléctrica puede funcionar eficientemente acoplado a un sistema fotovoltaico, para suministrar la correspondiente demanda. Durante las horas de luz los paneles solares fotovoltaicos suministran de una manera silenciosa la demanda de energía, y cargan las baterías. Si las baterías alcanzan un valor mínimo, predefinido, de su capacidad útil, el sistema de alimentación secundaria, en este caso la red eléctrica, alimentará la demanda energética, hasta que las baterías vuelvan a estar cargadas, momento en el que cesará el funcionamiento de la red eléctrica. Además, el sistema se diseña de manera que, cuando la demanda de energía eléctrica, exceda la energía que puede suministrar el sistema paneles solares y batería, el sistema secundario entre en funcionamiento para cubrir dicha diferencia de energía. Los sistemas que utilizan distintos tipos de generadores eléctricos combinan las ventajas de cada tipo. La red eléctrica convencional puede producir energía eléctrica en cualquier momento. Por ello, son un sistema de apoyo excelente para una central solar fotovoltaica cuando es necesaria energía durante la noche o en días extremadamente nublados y oscuros. Por otro lado, la central solar fotovoltaica funcionará silenciosamente, gratuitamente y sin contaminar en absoluto, durante las horas de luz. Utilizar una central solar fotovoltaica y un generador auxiliar en combinación reduce el coste inicial del sistema. Si no utilizásemos el generador auxiliar, la central solar fotovoltaica y la batería deberían ser lo suficientemente grandes como para abastecer toda la demanda de energía nocturna. Sin embargo, el acoplar un generador auxiliar como apoyo al sistema solar, hará



que necesitemos menos paneles solares fotovoltaicos y una batería más pequeña para lograr suministrar toda la energía que sea requerida en cualquier instante. Además de la red eléctrica convencional, la energía eléctrica procedente de un generador eólico, pequeñas centrales minihidráulicas, y cualquier otra fuente de energía eléctrica, puede ser acoplada al sistema solar fotovoltaico para obtener así un sistema de generación eléctrica híbrido tan grande como se desee.



Potencia del sistema

Para calcular el número de placas fotovoltaicas que debe tener la casa, deberemos basarnos el umbral de potencia a partir del cual la casa se alimentará de la red eléctrica, y por supuesto, realizar los cálculos con una medida de potencia ligeramente superior, alrededor de un 20% más, para que la instalación pueda soportar posibles picos de potencia.

El umbral de potencia en el sistema es de 3A a 220V:

$$P = 3A \times 220V = 660W.$$

La potencia del sistema la calcularemos con un incremento aproximado del 20%, ya que el sistema también soporta los picos de corriente como anteriormente se ha comentado:

$$P_{\text{sist.}} = +20\% \text{ de } 660W = \mathbf{792W}.$$

Con lo que el inversor debe tener una potencia mínima de 792W.

La potencia suministrada por el sistema puede alimentar una casa de tres dormitorios, cocina, comedor y baño. En cada sala se instalarán dos alumbrados de alta eficiencia de 20W alimentados por el sistema. También se alimentará dos televisiones de 70W y un frigorífico de 170Wh de consumo. El consumo del frigorífico lo ofrecen en Wh debido a que los frigoríficos tienen picos de consumo, con lo que ofrecen un promedio por hora.

También tendremos dos enchufes con una potencia de 100W. En la siguiente tabla se muestra la potencia que el sistema debe poder ofrecer:



Dispositivo	Potencia unitaria	Cantidad	Potencia total	Horas estimadas	Potencia/día
Frigorífico	170W	1	170Wh	24	605 W
Carga auxiliar	100W	1	100Wh	4	400 W
Alumbrado de alta eficiencia	20W	12	240Wh	4	960 W
Televisor alta eficiencia	70W	2	140 Wh	5	500 W
			Potencia total demandada	650 Wh	Potencia total /día.
					2465W

Tabla 2



Paneles solares

Mediante las especificaciones del fabricante, se sabe que cada panel solar ofrece una potencia de 60W, incrementada o decrementada según la latitud y la nubosidad que haya en el lugar de la instalación.



Imagen 1

Concretamente, para Madrid la energía que puede llegar a ofrecer es:

$$E = (5 - L/15) \times (1 + L/100) \times P.$$

Donde: P = Potencia del panel solar.

L = Latitud.

Con una latitud en la ciudad de Madrid de 40,38° y una potencia de 60Wp, el panel da una potencia de:

$$E = 193,2W.$$



Este valor disminuirá dependiendo de la nubosidad que haya con lo que para simular la potencia de un día de invierno nuboso, se decrementará este valor un 30% para asegurar el funcionamiento del sistema.

$$E = 193.2 - 30\% = 134,34W.$$

La potencia estimada que puede alimentar nuestro sistema es de 792W con lo que necesitaremos los siguientes números de paneles:

$$\begin{aligned} \text{Nº paneles} &= \text{Potencia demandada} / \text{potencia panel} = 792W / 134,4W \\ &= 5.84. \rightarrow \mathbf{6 \text{ paneles}} \end{aligned}$$

Con lo que nuestra instalación debe tener un mínimo de 6 paneles fotovoltaicos.

Cada panel tiene una dimensión de $0.51m^2$ por la totalidad de los paneles ocuparán un espacio de:

$$\begin{aligned} \text{Espacio paneles} &= \text{Nº paneles} \times \text{superficie panel (m}^2\text{)} = 6 \times 0.51 = \\ &= \mathbf{3.08 \text{ m}^2}. \end{aligned}$$

El peso de los paneles también es un dato a tener en cuenta, ya que dependiendo de este, se pensará en que lugar instalarlo en la vivienda:

$$\text{Peso paneles} = \text{Nº paneles} \times \text{peso panel} = 6 \times 6.5 \text{ Kg.} = \mathbf{39kg}.$$

Inversor

Se utilizan para transformar la corriente continua que se obtiene de los paneles fotovoltaicos o de la batería, en corriente alterna, para alimentar las cargas que la requieran.

Pueden ser conectados a las baterías, a la salida de un convertidor CC/CC o directamente al generador fotovoltaico. A su vez, pueden conectarse a él diferentes cargas, o inyectarse la energía en la red eléctrica.

El inversor escogido es de la casa Isofotón, concretamente el Isoverter 1500/12 con una potencia de 1500W. El dispositivo ocupa una superficie de 840cm^2 y tiene un peso de 5kg.

Para nuestro sistema se debe instalar a las salidas de las baterías, y la salida, al conector J4 de la placa del proyecto.

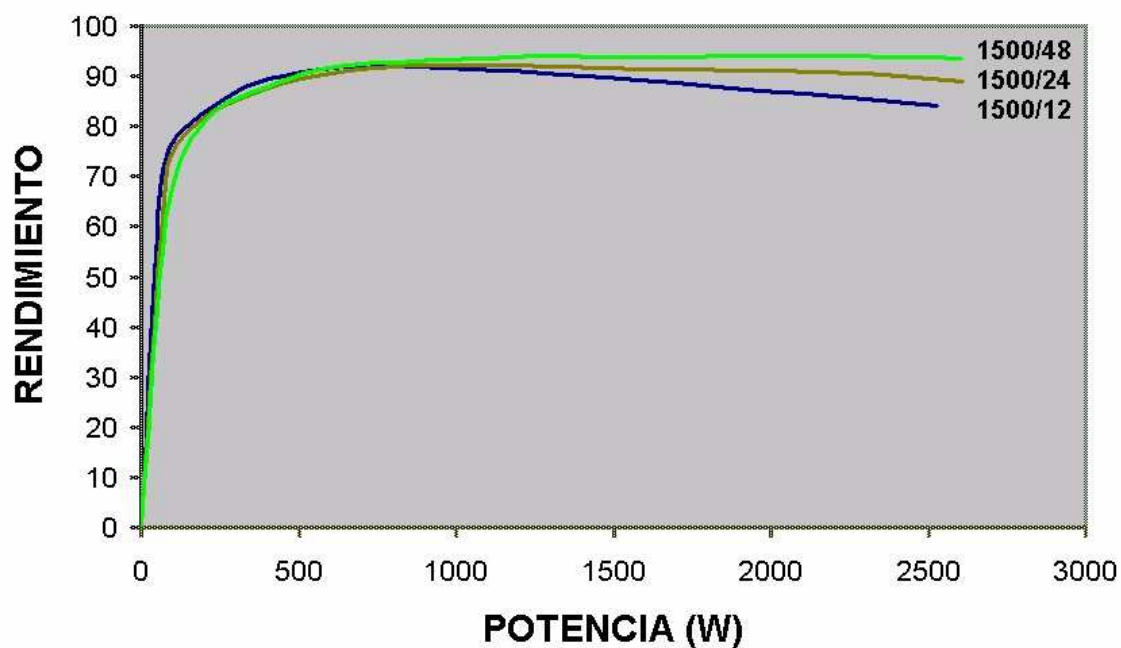


Imagen 2

En la siguiente tabla, se muestra que el mayor rendimiento está en nuestra zona de trabajo, sobre los 800 a 1000W:



RENDIMIENTO ISOVERTER 1500



Para ver más información sobre el inversor, véase el datasheet mostrado en el Anexo en el anexo.



Baterías

Las baterías son los dispositivos diseñados para almacenar la energía proveniente de las placas solares. Éstas se encargan de dar la energía al inversor, en forma de corriente continua.

Según el tipo de batería, podemos obtener diferentes características:

Tipo	Energía / Tensión por peso elemento (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga	Auto-descarga por mes (% del total)	
Ni-H	60-120 W/Kg.	1,25 V	1000	2h-4h	20 %
Ni-Cd	48-80 W/Kg.	1,25 V	500	10-14h	30%
Plomo	30-50 W/Kg.	2 V	1000	8-16h	5 %
Li-ion	110-160 W/Kg.	3,16 V	4000	2h-4h	25 %
Li-Po	100-130 Wh/Kg.	3,7 V	5000	1h-1.5h	10%

Tabla 3



En nuestro caso, la batería seleccionada es de 12V, de Pb. Es de la casa Isofotón. El modelo elegido es el 12.AV.204 con una vida útil de 8 a 10 años y una capacidad de 204Ah. Cada batería ocupa una superficie de 973.18cm^2 y tiene un peso de 65kg (ver datasheet para más información).



Imagen 3

Con el cálculo realizado en la tabla 1, se deduce de la siguiente expresión el la corriente demandada a las baterías por hora:

Consumo vivienda: 2465 W/ día

Consumo por horas= $2465 / 24 = 102.7 \text{ Wh}$.

Corriente demandada = $102.7\text{Wh} / 12\text{V} =$
= 8.55 Ah.

El tiempo de autonomía del sistema, es decir, sin recibir corriente de los paneles, por ejemplo por la noche, dependerá del número de baterías en paralelo que se quiera instalar.

Tiempo de autonomía (h)= $\text{Capacidad batería (Ah)} \times \text{n}^\circ \text{ baterías} / \text{Consumo vivienda (Ah)}$



A continuación se muestra una tabla que relaciona el número de baterías con el tiempo de autonomía:

N° baterías	Tiempo de autonomía	
	Horas	Días
1	23,86	0,99
2	47,72	1,99
3	71,58	2,98
4	95,44	3,98
5	119,30	4,97
6	143,16	5,96
7	167,02	6,96
8	190,88	7,95
9	214,74	8,95
10	238,60	9,94

Tabla 4



Capítulo II:

Diseño del sistema



El presente proyecto trata de alimentar una vivienda unipersonal de forma hibrida, es decir, alimentada por la red y por paneles fotovoltaicos. Esta tecnología está bastante demandada en los últimos años debido al progreso que está teniendo la energía solar en la vida cotidiana, y la posibilidad de alimentar mediante el sol pequeñas demandas energéticas como el alumbrado.

El sistema alimenta la casa con la batería, la cual consigue su energía a través del sol mediante paneles fotovoltaicos, siempre que la corriente demandada esté por debajo de un umbral predefinido (3A). Cuando estas limitaciones no se cumplen, por ejemplo porque se ha encendido un electrodoméstico potente, el sistema automáticamente alimenta a la carga mediante la red eléctrica.

A través del inversor, la corriente continua se transforma en corriente alterna. Su funcionamiento está basado en puentes de interruptores, realizados con semiconductores de potencia, con un ciclo controlado de apertura y cierre, generado por ondas de pulsos variables. Cuanto mayor sea la cantidad de pulsos menor será la distorsión armónica y la onda generada se aproximará en mayor medida a una sinusoidal pura.

La salida del inversor, con un voltaje de 220 V_{eff}, se conecta al sistema de control, que determinará si puede alimentar o no la vivienda.

En caso de que no pueda alimentar la demanda de corriente, bien porque las baterías no tienen suficiente carga, o bien porque la potencia exigida es demasiado alta, el sistema alimentará la vivienda mediante la red eléctrica.

Para diseñar el presente sistema de alimentación hibrida se necesitan los siguientes dispositivos:

- Placas fotovoltaicas formadas por células fotovoltaicas.
- Baterías de 12 ó 24 Voltios (12V en nuestro caso).
- Inversor.
- Sistema de control (**Proyecto fin de carrera**).

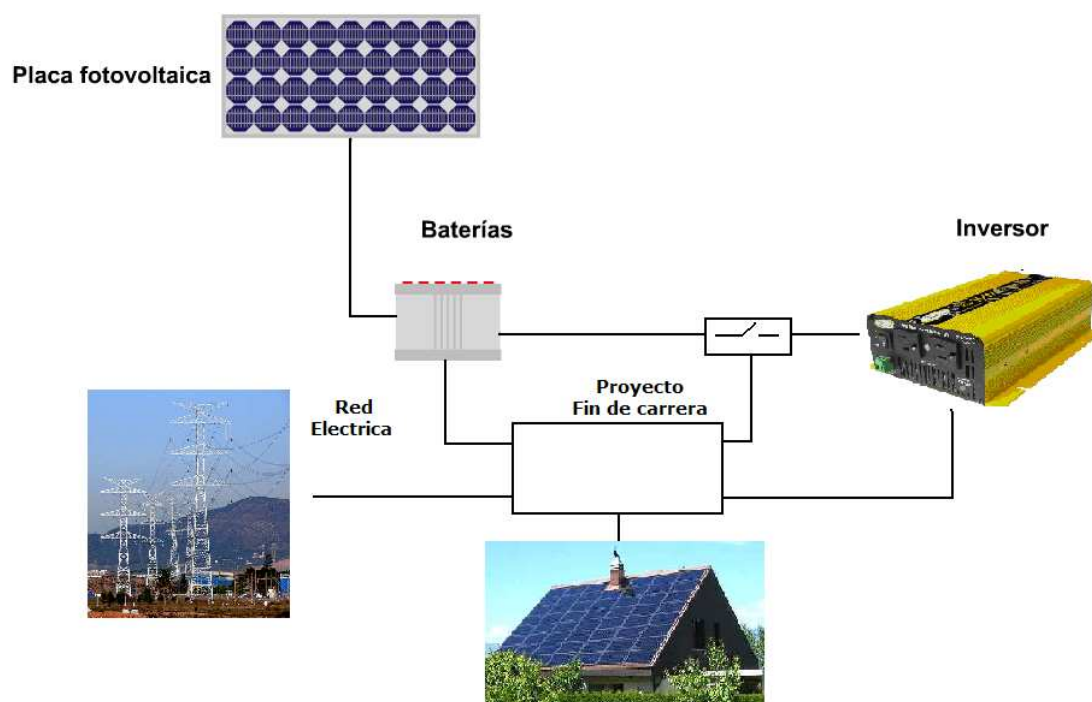


Imagen 4. Diagrama de bloques de la instalación.



Cómo funciona

El modo de funcionamiento es bastante sencillo, consta de una máquina de estados en el que hay una rutina que mide continuamente la corriente que demanda la casa a través de la bobina amperimétrica.

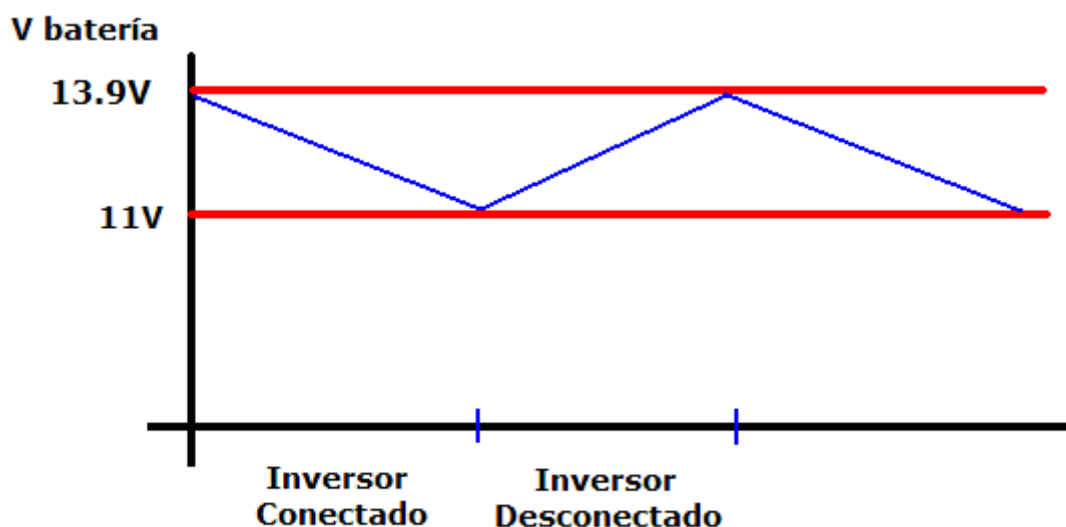
La bobina amperimétrica ofrece una tensión proporcional a la corriente que pasa por ella, de tal forma que dicha tensión se filtra y se amplifica para conectarla al microprocesador, que mediante el conversor analógico-digital transformará la tensión en números digitales. El convertidor A/D realiza 7200 conversiones por segundo es decir, cada 139 us, Con lo que el sistema es lo suficientemente rápido para reaccionar ante cualquier cambio brusco de corriente.

Una de las cualidades que también ofrece el sistema es ignorar los “picos” de corriente muy frecuentes en la vida cotidiana, como el encendido de alumbrado o diversos aparatos. Para ignorar dichos picos, se ha programado mediante software un filtro en el que sólo haría un cambio a la red si la corriente supera el umbral durante determinado tiempo.

La forma de cambiar de una alimentación a otra, se hace siempre comprobando que la fuente a la que va a ser conmutada está disponible. Esta comprobación se hace a través de optoacopladores, que introducen en el microprocesador señales que indican que la red ó el inversor pueden dar tensión. Sólo si es capaz de dar tensión se podrá hacer el cambio.

Para comprobar el estado de la batería, se ha diseñado un sistema mediante el cual no se podrá alimentar con la batería si tiene menos de 11V ó si ésta se está recargando. Para ello se dispone de un Led que lucirá en caso de que la batería se este cargando.

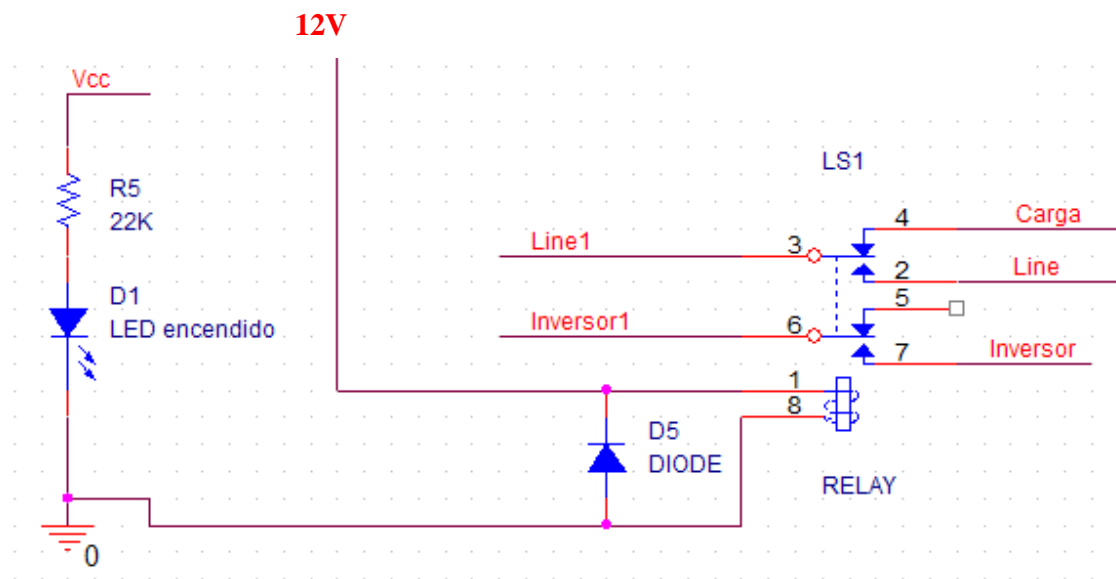
De este modo, en caso de que tengamos una carga que demande poca corriente, la tensión de la batería se cargaría y descargaría como muestra la siguiente imagen:



En el caso de que la casa se esté alimentando por la red debido a alta demanda de corriente, la batería se cargaría y el inversor se desconectaría para no demandar corriente, ya que estos dispositivos demandan una potencia alrededor de los 3W dependiendo del fabricante, con lo que con esta medida, estimando que la red esté conectada 15 horas al día, se ahorraría $3W \times 15h = 45Wh/día$.

El cambio consiste en activar el circuito de disparo por cero correspondiente, explicado en el apartado 2. Este a su vez disparará el Triac en los pasos por cero de la tensión del inversor ó de la red. A su vez el sistema desactivará la otra fuente desactivando el circuito de disparo. Dicho circuito se activan ó desactivan a través de los puertos del microprocesador, poniendo un “0” ó un “1” lógico respectivamente al cátodo del Led del circuito de disparo.

El sistema está diseñado de tal forma que si falla la alimentación del circuito, la carga esté alimentada en todo momento por la red eléctrica. Esto se ha logrado conectado la bobina de un relé de dos canales a la alimentación de 12V del circuito.





Sistema de control

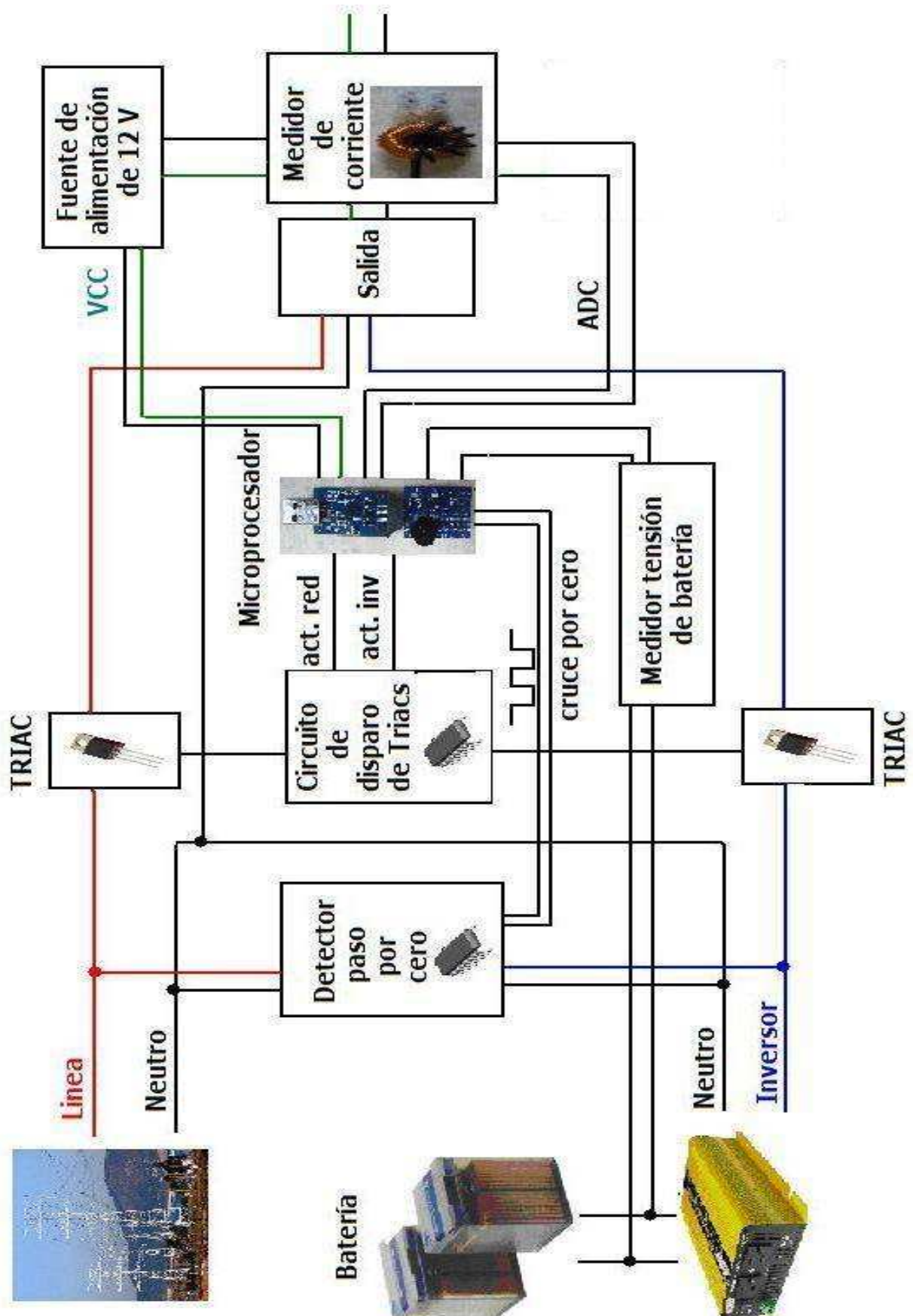
Este sistema de control regula a través de una rutina del microprocesador, la forma de alimentar a la carga.

En todo momento el sistema percibe la potencia demandada, el estado de las baterías, la forma de onda del inversor, la forma de onda de la red eléctrica, y la forma de onda de la salida del sistema.

La rutina continuamente compara el consumo con el umbral establecido (3A), para saber si la fuente de energía es la red o el inversor. La rutina está hecha de tal forma, que evita conmutar en caso de que haya picos de corriente, como por ejemplo en encendido de algún aparato.

El sistema se alimenta a través de una entrada cuyo voltaje deberá ser continuo y estar entre unos valores de entre 8 y 30 Vdc, que no debe ser de la tensión de la batería.

Para tener una visión más esquematizada del sistema, véase el esquema mostrado en la siguiente página.





El sistema de control tiene varias entradas y una salida, para conectar la carga. A las entradas se conecta:

- Red Eléctrica.
- Salida del inversor.
- Sonda amperimétrica.
- Tensión de bornes de las baterías.
- Relé de conexión de inversor.
- Inversor.
- Entrada de 12Vdc.

Estas entradas se conectan a la PCB mediante unos conectores, enumerados en la siguiente tabla:

Entrada	Conector
Bobina amperimétrica	J1
Batería	J2
Salida Inversor	J3
Inversor	J4
12Vdc	J5
Red	J6
Carga	J7
Relé de activación del inversor	J8

Tabla 5



Para llevar a cabo este proyecto, se han utilizado los siguientes componentes:

-Microprocesador.- El microprocesador elegido es el C8051F330 de Silicon Laboratories, con un núcleo de la familia 8051. Los núcleos 8051 se usan en más de 100 microcontroladores de más de 20 fabricantes independientes.

Éste microcontrolador está basado en una Arquitectura Harvard (es decir, existen espacios de direcciones separados para código y datos). Aunque originariamente fue diseñado para aplicaciones simples, se permite direccionar 64 KB de ROM externa y 64 KB de RAM por medio de líneas separadas chip select para programa y datos.

Adicionalmente, el microcontrolador contiene una memoria interna, dividida en dos partes: los SFR y memoria de propósito general. Los SFR (Special Function Registers), son los registros proporcionados por el microcontrolador, y tienen asignadas direcciones en esta memoria interna. El acceso a esta memoria interna es más rápido que el acceso a la memoria externa, pero es de tamaño limitado. Parte de esta memoria interna además se usa como pila durante las llamadas a función y el proceso de interrupciones.

Una característica particular del 8051 es la inclusión de una unidad de proceso booleano que permite que operaciones de nivel de bit lógica booleana se ejecuten directa y eficientemente en registros internos. Esto ha hecho que el 8051 sea muy popular en aplicaciones de control industrial.

Otra característica muy valorada es que tiene cuatro conjuntos separados de registros. A menudo se usa esta característica para reducir la latencia de interrupción. (La rutina que maneja la interrupción declara usar otro conjunto de registros, evitándose de esta manera tener que salvar en la pila los registros originales).

La mayoría de los 8051 incluyen una o dos UARTs, dos o tres temporizadores, 128 o 256 bytes de RAM interna (16 bytes de los cuales son direccionables a nivel de bit), cuatro o cinco registros de entrada/salida y entre 0k-54K de memoria interna de programa. El núcleo 8051 original ejecuta un ciclo máquina cada 12 ciclos de reloj, requiriendo la mayoría de instrucciones uno o dos ciclos máquina. Pero actualmente la mayoría de fabricantes ofrecen



versiones mejoradas que sólo requieren de 2 a 4 ciclos de reloj por cada instrucción máquina.

Los microcontroladores 8051 modernos ofrecen muchas mejoras sobre el original. Mejoras comunes incluyen watchdog timers (un temporizador programable que "resetea" el microcontrolador si no se refresca en cierto tiempo), osciladores internos, memoria de programa Flash ROM interna, código de inicialización en ROM, almacenamiento en EEPROM interna, I²C, SPI, USB, generadores PWM, conversores analógicos A/D y D/A, relojes de tiempo real RTC, temporizadores y contadores extra, facilidades de depuración internas, más fuentes de interrupción, modos de bajo consumo, interfaz CAN, etc.

El microprocesador debe tener un medidor Analógico-Digital y tener al menos 2 interrupciones y 4 E/S... Este micro cumple con bastante solvencia los requisitos de nuestro sistema. Este micro tiene 17 I/O Digitales, 4 timers, un sensor de temperatura, un convertidor A/D y una serie de características mostradas en el datasheet situado en el anexo. Este micro cumple con creces todas las necesidades del sistema. Junto al micro se ha utilizado un entorno de desarrollo que incluye un kit de programación Toolstick con conexión USB y una serie de herramientas software que se detallarán en el apartado 4 del presente proyecto.

Para más información visítese la página del fabricante:
<https://www.silabs.com/products/mcu/Pages/ToolStick.aspx>



- **Relés.-** Es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Se han utilizado dos relés. Uno de ellos para activar la red eléctrica y desconectar el inversor en caso de que no funcione el sistema, este relé tiene dos canales. El segundo relé utilizado tiene un solo canal y se utiliza para conectar y desconectar la batería del inversor. Ambos relés son de la casa Finder de la serie 40. Ambos de 10V y 10 Amperios. Para más información véase el datasheet mostrado en los anexos.



Imagen 5

- **Circuito de Disparo por cero de Triacs.**- Ante la necesidad de disparar por el paso por cero de la tensión se ha buscado un dispositivo hardware, en el que integre un circuito detector de cero y dispare, en nuestro caso, un Triac en el que circulará la corriente demandada de la casa. El dispositivo elegido es TLP 3063 de Toshiba, que actúa cuando se le implanta una corriente de excitación al fotodiodo de la entrada:

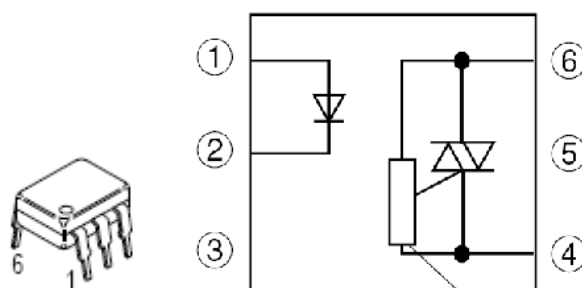


Imagen 6.

- **Optoacoplador Detector de paso por cero.**- En el presente proyecto se ha utilizado un detector de paso por cero para verificar el estado de las tensiones, tanto de la red como del inversor y también para comprobar la sincronización entre la entrada de la casa y la fuente que esté seleccionada (Red ó inversor). El detector consiste en un fotodiodo a la entrada que satura un fototransistor conectado a la salida del integrado cuando se le implanta una tensión. En nuestro caso, se le ha conectado una tensión alterna en el fotodiodo (red, inversor y carga). El colector del fototransistor se le ha conectado a un puerto del microprocesador con un pull-up de 1K y al emisor se le ha conectado la masa del circuito, de tal forma que cuando el transistor se sature, el micro lee un '0' lógico y cuando no sature lee un '1', con lo que se obtiene una onda cuadrada de misma frecuencia que la senoide conectada a la entrada.

Se han utilizado 3 opto-acopladores 4N37 de Motorola. Su uso se debe no sólo a la comprobación del estado de la línea y del inversor. Este dispositivo muestra al microprocesador el paso por cero mediante interrupciones. Más adelante, en el capítulo III, se explica con más detalle el circuito diseñado.

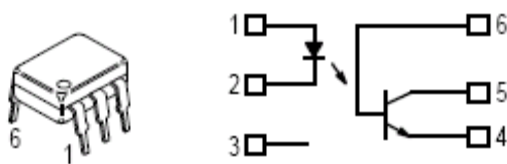


Imagen 7. Optoacoplador

- **Mosfet N.**- Para activar o desactivar el relé que acopla o desacopla el inversor a la batería se ha utilizado un transistor de canal N. El mosfet elegido es el VN0610L.

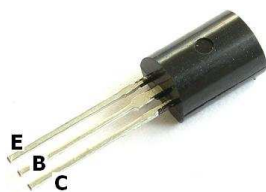


Imagen 8. Transistor bjt.

- **Triacs.**- Se han utilizado 2 Triacs a modo de interruptor, uno para activar la Red y otro para el inversor. Un TRIAC o Triodo para Corriente Alterna es un dispositivo semiconductor, de la familia de los transistores. La diferencia con un tiristor convencional es que éste es unidireccional y el TRIAC es bidireccional. De forma coloquial podría decirse que el TRIAC es un interruptor capaz de conmutar la corriente alterna.

Su estructura interna se asemeja en cierto modo a la disposición que formarían dos SCR en antiparalelo.

Posee tres electrodos: A1, A2 (en este caso pierden la denominación de ánodo y cátodo) y puerta. El disparo del TRIAC se realiza aplicando una corriente al electrodo puerta.

Los Triacs elegidos son el modelo BTA10- 800CWRG de ST cuya información técnica se encuentra en los anexos.

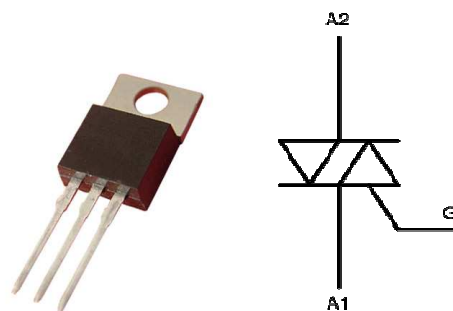


Imagen 9. Triac

- **Regulador de 5V.-** Para alimentar el microprocesador y los amplificadores operacionales, se ha utilizado un regulador de tensión de 5V LT805 de ST. Este regulador se puede alimentar con unas tensiones de entre 8 y 30Vdc. Un regulador es un dispositivo electrónico creado para obtener un valor de salida deseado en base al nivel de entrada, ya sea mecánico o eléctrico.

Este consiste en fijar el valor de la tensión de salida, siendo esta típicamente de 3, 5, 9, 12, 15 o 18 V, en función de la entrada y las condiciones de la pista. Por lo general es un elemento de bajada y con una disipación de calor proporcional. Un ejemplo mecánico es una llave de agua donde se regula el flujo de agua que sale por ella.

Para más información se anexa el datasheet en el apartado de anexos.

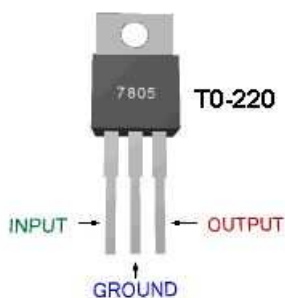


Imagen 10. Regulador de 5V.

- **Amplificadores operacionales.**- Un amplificador operacional (comúnmente abreviado A.O.), es un circuito electrónico (normalmente se presenta como circuito integrado) que tiene dos entradas y una salida. La salida es la diferencia de las dos entradas multiplicada por un factor (G) (ganancia). Según la configuración de los terminales de entrada, se puede usar el amplificador para distintos usos como sumar, restar, derivar, comparar, etc.

En el presente proyecto se usará como comparador y como amplificador.

El sistema dispone de 4 amplificadores operacionales utilizados en el circuito amplificador y en el circuito de comprobación de la batería. El amplificador elegido es el LM324 en un encapsulado DIP 14, donde se integran los cuatro amplificadores necesarios.

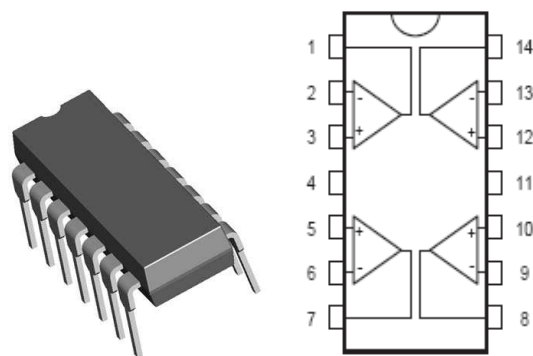


Imagen 11



Capítulo III:

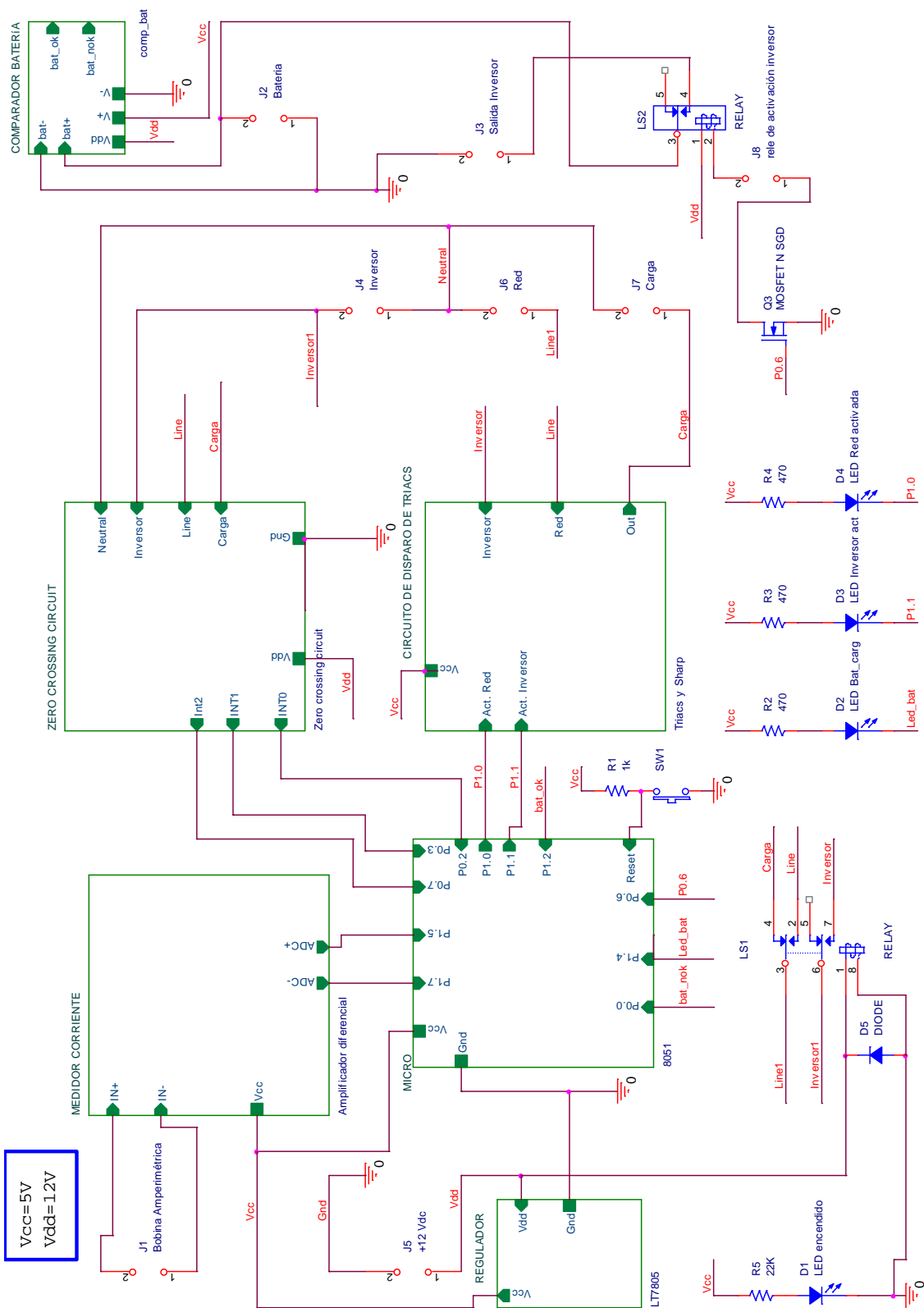
Diseño de Hardware



Para crear el sistema descrito anteriormente, se ha diseñado un hardware en el que se ha dividido en varios subcircuitos:

- Medidor de corriente.
- Circuito detector de paso por cero.
- Circuito de disparo de Triacs.
- Comparador batería.
- Regulador de 5V.

A continuación se muestra el esquema general del sistema, donde cada recuadro es un subcircuito, descritos en las próximas hojas del capítulo.



Medidor de corriente

Para medir la corriente demandada por la carga, se ha utilizado un dispositivo con un enchufe macho en un extremo y otro hembra en el otro extremo, con una bobina amperimétrica enrollada a una de las fases, que actúa mostrando una pequeña diferencia de potencial entre los extremos de la bobina creada por flujo magnético. El dispositivo se muestra en la siguiente imagen:



Imagen 12. Dispositivo para colocar cargas y medir su corriente

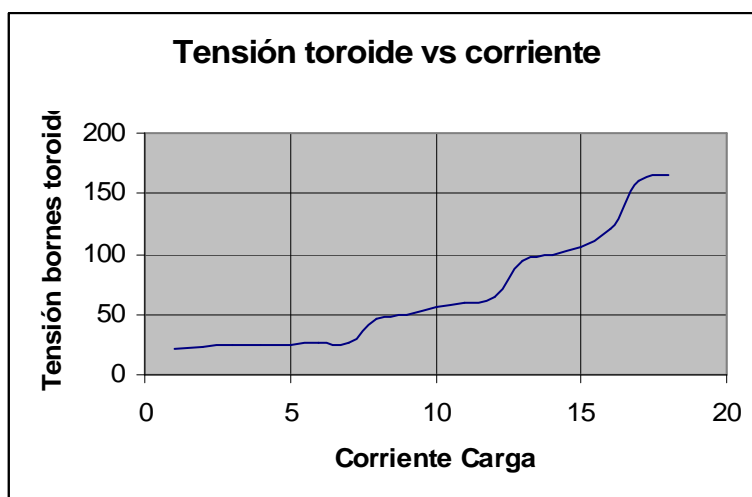
Este toroide, mostrada en la imagen 13, crea una diferencia de potencial entre sus extremos proporcional a la corriente del devanado del enchufe. Esta proporción se presenta en la tabla 6.



Imagen 13. Toroide utilizado para medir la corriente.

Corriente (A)	Tensión(mVp)
0.1	22
0.2	23
0.3	24
0.4	24
0.5	25
0.6	26
0.7	27
0.8	46
0.9	50
1	56
1.2	60
1.4	65
1.5	95
1.6	100
1.8	105
2	120
2.3	160
2.5	165

Tabla 6. Tabla corriente vs. Tensión en bornes del toroide



Gráfica 1.tensión del toroide frente a corriente de carga.

Para aumentar esta pequeña diferencia de potencial, se ha utilizado un amplificador operacional LM324 a modo de amplificador diferencial.



Este amplificador tendrá una ganancia diferencial que se podrá ajustar a través de un potenciómetro POT1 (10K) entre unos valores de 200 e “infinito”, alimentando el LM324 con 5 Vdc. Esta ganancia viene dada por:

$$\text{Ganancia} = 1 + \frac{2 \bullet R13}{POT1}$$

En el amplificador se ha diseñado un filtro RC paso bajo, que elimine el tercer armónico y sus sucesivos de la señal de red, con una frecuencia de corte que consiga filtrar como mínimo el 3^{er} armónico de la red (150KHz) que será la que se medirá con la bobina. Para calcular los valores de R y de C, se ha partido de un valor de R de 1Mega, para que la ganancia del amplificador sea la deseada. Se ha optado por poner un condensador de 1nF con lo que el filtro actúa a una frecuencia de:

$$\text{Frecuencia de corte} = \frac{1}{RC} = \frac{1}{1\text{Meg} \bullet 1\text{nF}} = 1\text{KHz}.$$

A las señales de entrada de la bobina se les han sumado una tensión continua de 2.5 Vdc ($V_{cc}/2$), para que el amplificador amplifique sólo la diferencia de potencial $In^+ - In^-$

El circuito resultante se muestra a continuación:

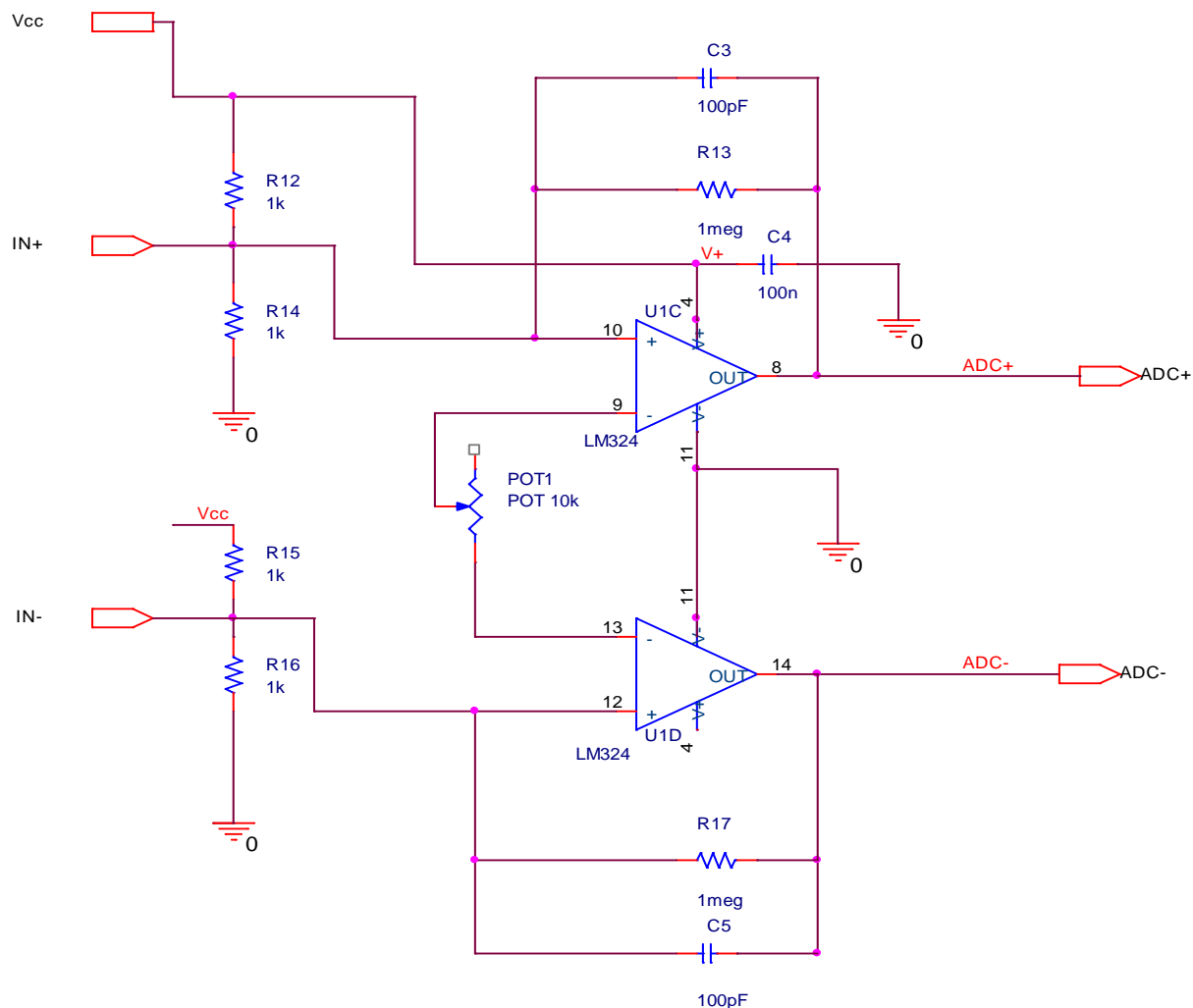


Imagen 14. Circuito de amplificación del toroide.

Las señales de salida se han conectado al conversor Analógico digital del micro, que leerá esta señal y la transformará a un número digital 7200 veces por segundo, mediante una interrupción del timer1 del micro. El conversor analógico-Digital que contiene el micro, se ha programado con un registro de 512bits, por lo que el número digital al que transformará será de:

$$\frac{Tensióndiferencial}{V_{ref}} \cdot 512$$



Mediante estas conversiones, se hará un filtro por software, en el que se rectificará y se obtendrá el valor medio de cada ciclo, con lo que las altas frecuencias no perjudicarán a la señal, actuando como un filtro paso bajo.

Circuito de disparo de Triacs

Para disparar los Triacs se ha optado por un circuito con un integrado que captura los pasos por cero de la tensión de alimentación (red ó inversor) y los dispara justo en este punto. Con esto se mejora la vida del switch ya que los disparos con alta tensión entre los terminales acortan la vida de los Triacs.

Este circuito integrado es el TLP 3063 de Toshiba, cuyas características técnicas se muestran en el dataste. Este integrado, tiene un alto aislamiento entre la parte de alta tensión y la de baja tensión, que permite actuar con el microprocesador y la tensión alterna.

Su funcionamiento consiste en un Led infrarrojo que habilita ó deshabilita el disparo de los Triacs. Este Led infrarrojo, se polariza con una corriente de 5mA, proveniente del micro, mediante un puerto de salida. El micro por lo tanto, actúa sobre el disparo del Triac imponiendo tensión o no ('0' ó '1' lógico) al Led infrarrojo.

La parte de alta tensión, está conectada a la carga y a la tensión alterna, como se utilizan dos integrados, uno lo dispara la red y el otro el inversor.

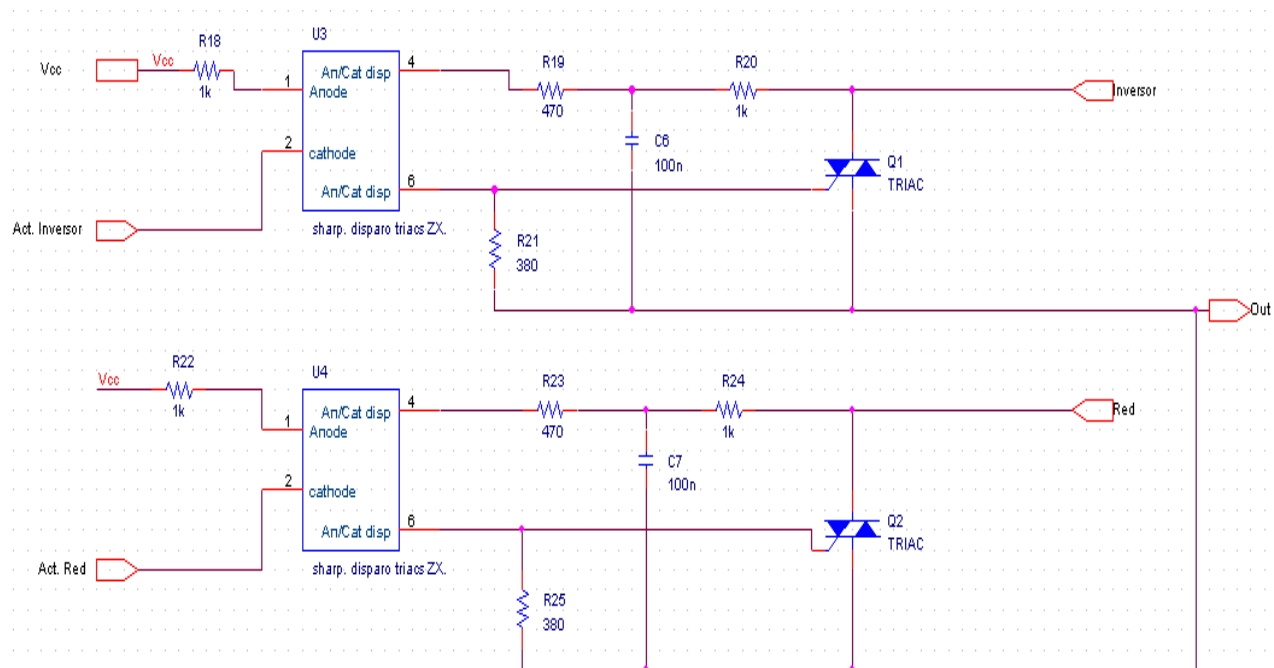
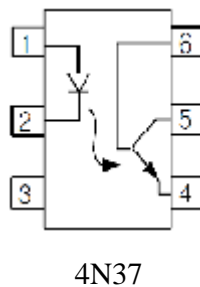


Imagen 15. Circuito de disparo de los Triacs.

Circuito detector de paso por cero

Para detectar el paso por cero de la tensión tanto de la red como del inversor, se ha utilizado optoacopladores 4N37, cuyo datasheet se adjunta en el anexo del presente proyecto.



A la entrada del optoacoplador se conectará la red ó el inversor con un paralelo de resistencias en serie. El paralelo está diseñado para aguantar los 220V que se alcanzan tanto en la red como en el inversor. Para el buen funcionamiento del dispositivo, el fabricante recomienda una corriente para polarizar al Led de 2mA como mínimo. De la actual configuración, obtenemos esta corriente recomendada mediante el paralelo de 220K y una potencia de 0.44W:

$$I = \frac{220V}{(220k \parallel 220k)} = 2mA.$$

$$P = 2mA * 220V = 0.44W.$$

Estos 440mW los soporta las resistencias de 220K, cada una con una potencia típica de 250mW, por lo que, al estar en paralelo, cada una soporta 220mW.

En la salida, conectará una resistencia de colector alimentada con Vcc (5V) y en el colector del transistor de salida del optoacoplador se ha conectado las entradas del micro de tal forma que cuando la entrada está en el semiciclo positivo, la salida del micro se pondrá a 0

V ó a nivel bajo, mientras que cuando la entrada está en el semiciclo negativo, la salida al micro se pondrá a nivel alto mediante el pull-up del colector (R28, R27 y R34).

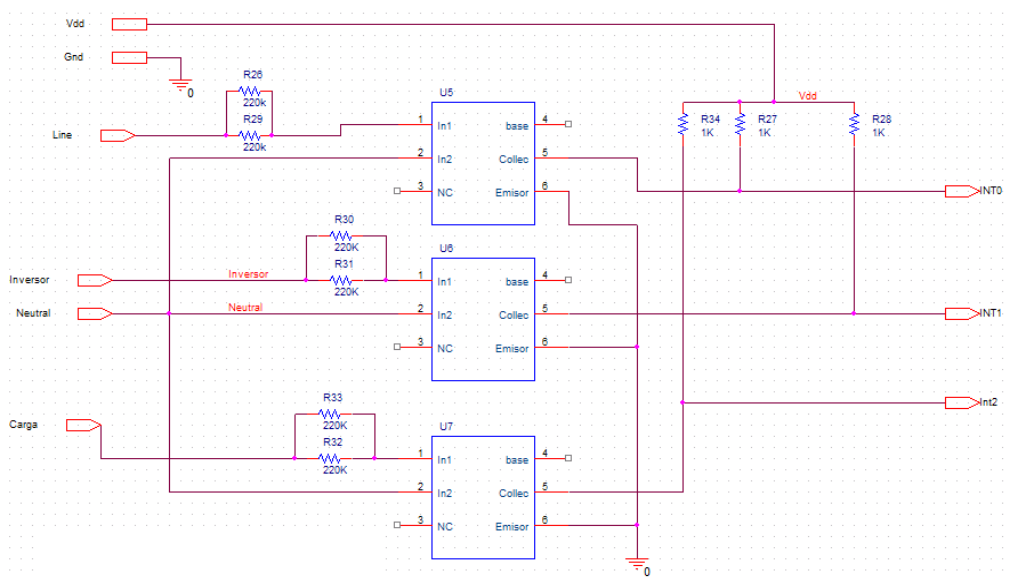
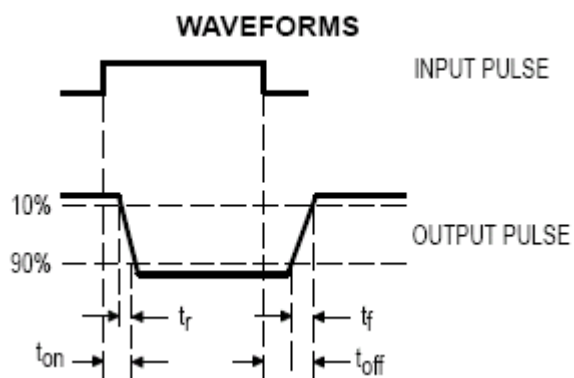
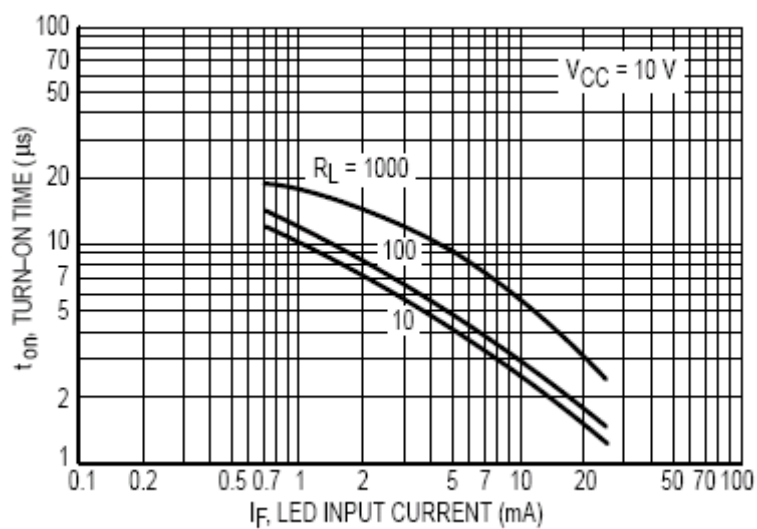


Imagen 16. Circuito de detección de paso por cero de las tensiones de potencia.

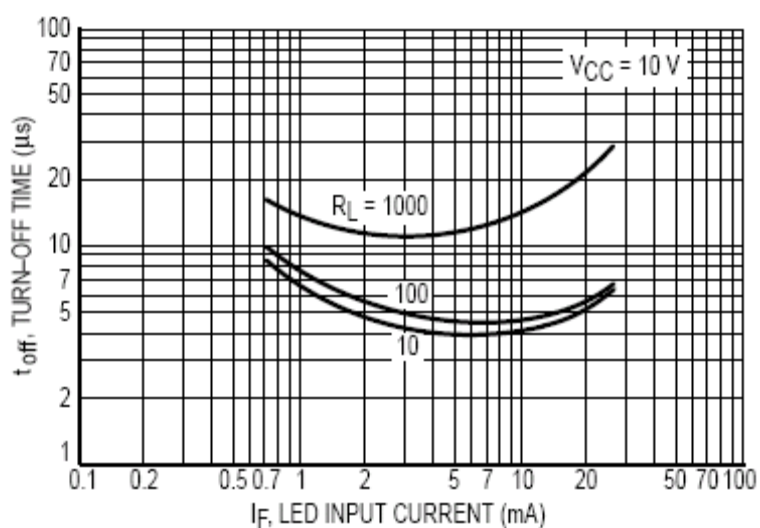
A modo de ejemplo, se muestra como actuaría el integrado ante un pulso de onda cuadrada:



Variando la resistencia del colector (R27, R28 y 34) conseguiremos variar el tiempo de respuesta del integrado t_{on} y t_{off} , como se muestra en las siguientes gráficas:



Gráfica 2



Gráfica 3

Comparador batería

Para comprobar el estado de la batería, se ha optado por dar dos señales digitales al micro, de tal forma que una de las señales indique si la batería está llena y otra si está vacía. La señal “bat_ok”, indica al micro con un cero lógico si la batería tiene una tensión mayor de 13.8V y la señal “bat_nok” indica con un cero lógico si la batería tiene menos de 11V.

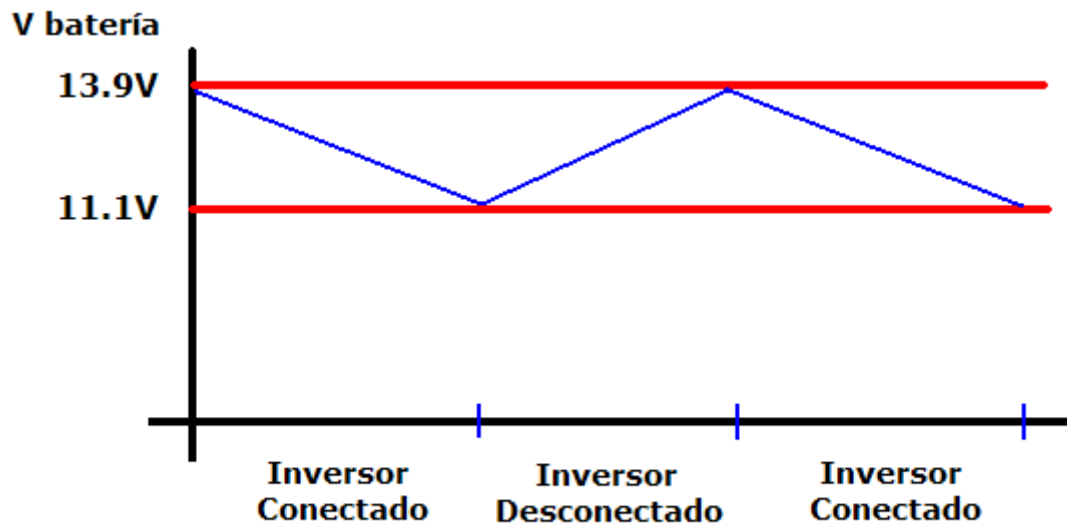
Señal digital		Tensión batería
bat_ok	bat_nok	
0	0	>13,9 V
0	1	Caso imposible.
1	0	13,9>Vbat>11V
1	1	V bat< 11V

Tabla 7

A través de estas dos señales, el microcontrolador podrá controlar el estado de la batería, de tal forma que dejará de utilizar el inversor cuando la batería esté por debajo de los 11V y no permitirá usarlo hasta que se haya llenado, es decir, hasta alcanzar los 13.8V. El tiempo transcurrido en descargarse la batería dependerá de la demanda de corriente de la carga.

Otro factor que podría desconectar la batería sería el exceso de demanda de corriente, donde como ya se ha explicado en el diseño del sistema, el microcontrolador desconectará el inversor y conectará la red.

A continuación se muestra una gráfica donde se muestra la tensión de la batería ante una demanda de corriente de valor continuo, donde el tiempo transcurrido en descargarse la batería dependerá de la demanda de corriente de la carga:



Gráfica 4. Tensión de la batería con consumo por debajo de 3A.

Para realizar este circuito lógico, se ha usado amplificadores operacionales LM324 a modo de comparadores, donde se compara la señal de la batería mediante un divisor de tensión, como se muestra en la **imagen17**. Es importante que el sistema no se alimente mediante la propia batería del inversor, ya que este circuito debe tener las entradas positivas de los operacionales a una tensión fija, obtenida de los 12 Voltios de la tensión de entrada.

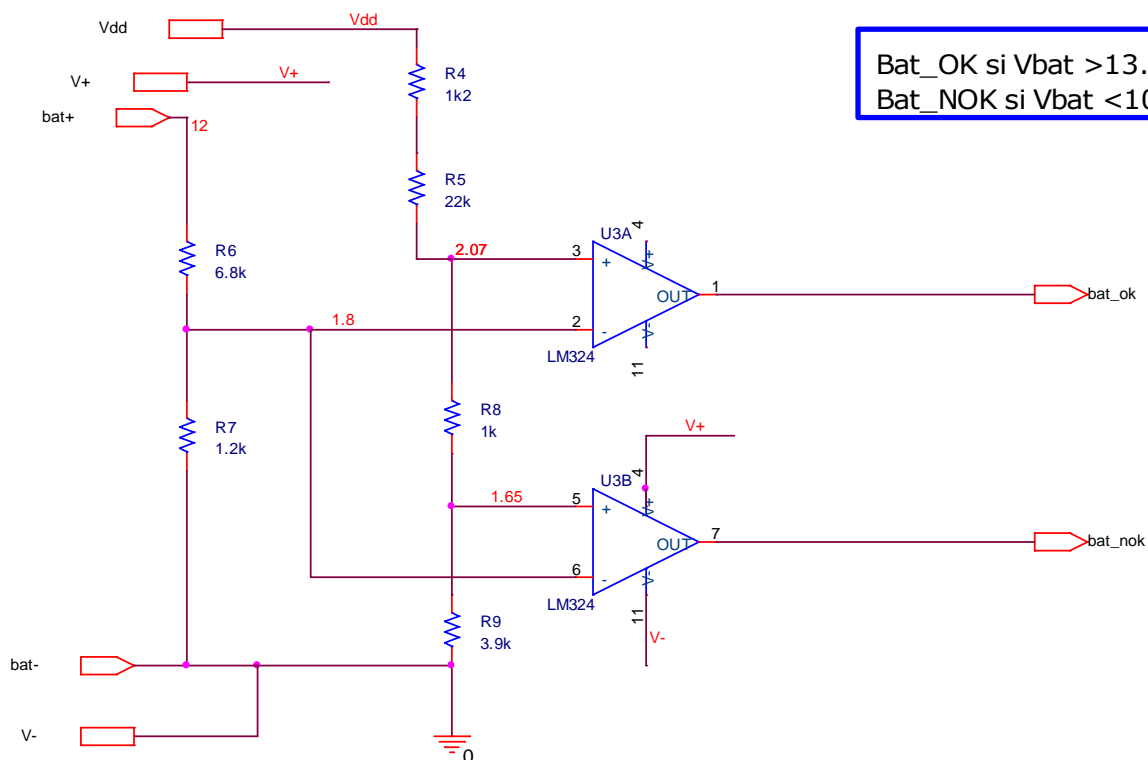


Imagen 17. Circuito detector de batería baja.

El divisor de tensión de la rama de la batería está formado por dos resistencias de 6.8k y 1.2k de tal forma que si la batería alcanza los 13.8V, en la entrada inversora de los operacionales se verían 2.07V mientras que si la batería se descarga hasta los 11V se alcanzarían los 1.65V:

$$V_{LM324} = V_{bat} \times 0.15.$$

$$\text{Donde: } 0.15 = \frac{R7}{(R6 + R7)} \text{ ; (divisor de tensión).}$$

Estos valores son los que se han impuesto en las entradas no inversoras mediante otro divisor de tensión formado por 3 resistencias de valores estandarizados y un potenciómetro (ver esquema) alimentadas a 12V (Vdd).

De esta forma, la tensión en el terminal positivo del integrado 1, al que llamaremos V1+ mostrado en la parte superior del esquemático, se calcula con un divisor de tensión:



$$V1+ = \frac{R_{pot} + 3.9k}{(27.1k + R_{pot})} \times 12 \text{ V.}$$

De la misma forma, mediante un divisor de tensión, se calcula la tensión en el terminal positivo del segundo LM324, llamado V2+:

$$V2+ = \frac{3.9k}{(27.1k + R_{pot})} \times 12 \text{ V}$$

Se deduce pues, que con el potenciómetro se puede regular los valores límite para cortar la conexión de la batería-inversor. Los umbrales 13.9V y 11.1V son los predefinidos, estando el potenciómetro de 1K con valor de 1K, sin embargo, si disminuimos el valor de este potenciómetro, el umbral se estrecharía de la siguiente forma:

Valor de potenciómetro	Umbral superior (V)	Umbral inferior (V)
1K (predeterminado)	13,95	11,1
750	13,35	11,2
500	12,75	11,3
250	12,14	11,4
50	11,64	11,5
0 *	11,5	11,5

Tabla 8.

*En tal caso, el sistema **sólo alimentaría la vivienda con la red eléctrica.**

Con este diseño, el usuario puede regular simplemente con el potenciómetro, con que valores la batería puede alimentar a la carga.

Si el potenciómetro está regulado con valor de 1K, el umbral estaría entre 13.9V y 11.1V, en cambio, si el potenciómetro está casi cortocircuitado, con valor de 50 Ohm, la batería alimentaría la carga entre unos umbrales de 11.6V y 11.5 V. Si el usuario cortocircuita el potenciómetro, el sistema siempre alimentaría la carga con la red eléctrica.

Circuito de alimentación de 5V

Para la alimentación del proyecto, disponemos de una fuente de alimentación de 12Vdc, pero ante la necesidad de una fuente de alimentación de menor voltaje, se ha diseñado un regulador de tensión de 5V. Este circuito es bastante simple, consta de un regulador LT7805 y de un condensador de entrada y otro de salida, que sirven para filtrar tensiones.

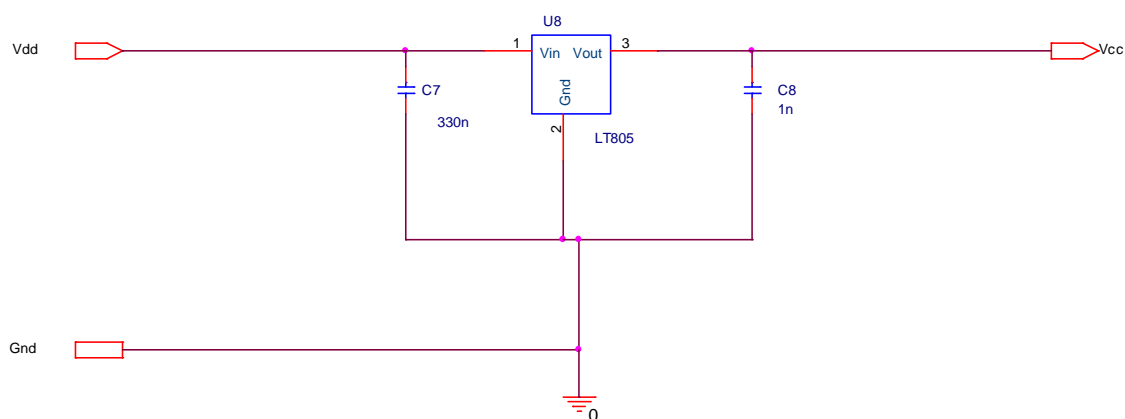


Imagen 18. Regulador de tensión de 5V.

Mediante este regulador de tensión de 5V, se alimentará los amplificadores operacionales, el microcontrolador, los circuitos de disparo de los Triacs y los pull-up's para el microcontrolador.

A parte de estos subcircuitos, se ha diseñado dos sistemas de seguridad, uno contra el fallo de encendido y otro para desconectar ó conectar el inversor de la batería, a través de un relé activado con un Mosfet que se satura mediante uno de los puertos del micro.

A continuación se muestra una imagen con el circuito encargado de garantizar el suministro eléctrico a la vivienda. Consiste en un relé, cuya bobina se alimenta del mismo punto que el micro, por lo que si falla la alimentación del micro, el relé conmutará de tal forma que la carga esté alimentada por la red eléctrica.

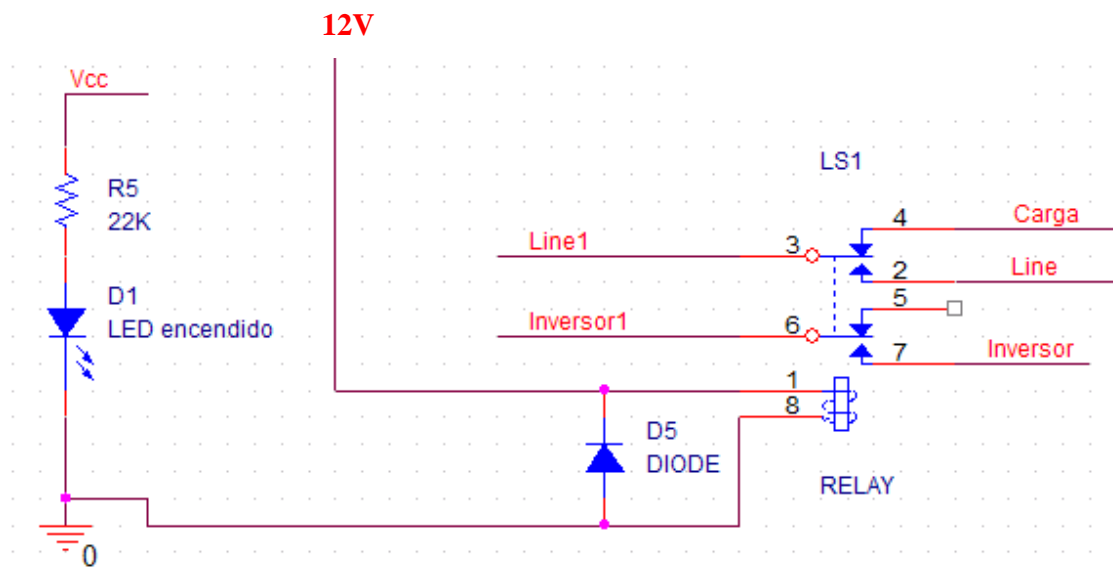


Imagen 19. Circuito de seguridad ante fallo de alimentación del sistema.

Para distinguir de forma visual lo que está haciendo el sistema, se han puesto cuatro Leds diferentes, dos verdes que indican la activación de la red y el inversor, uno amarillo que indica si la batería se está cargando y otro rojo que indica el encendido del sistema:

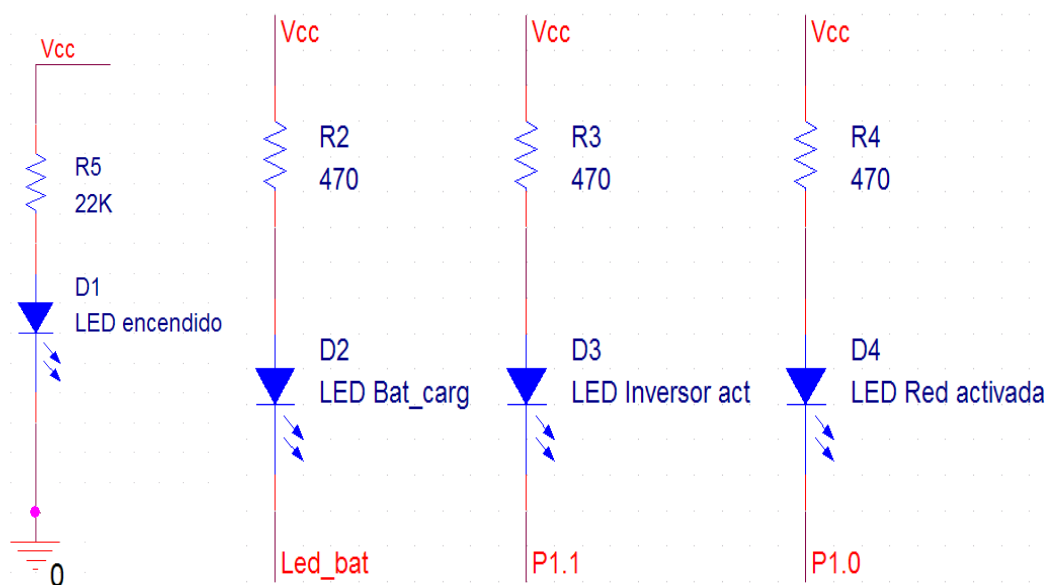


Imagen 20. Circuito de Leds del sistema.

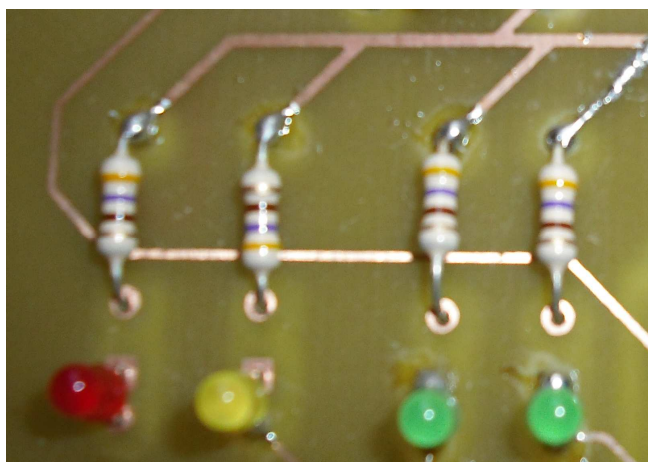


Imagen 21. Imagen real de los cuatro Leds.

Para resetear el micro, se ha dispuesto un Jumper, el cual cortocircuita a la masa del circuito el pin externo del micro RESET:

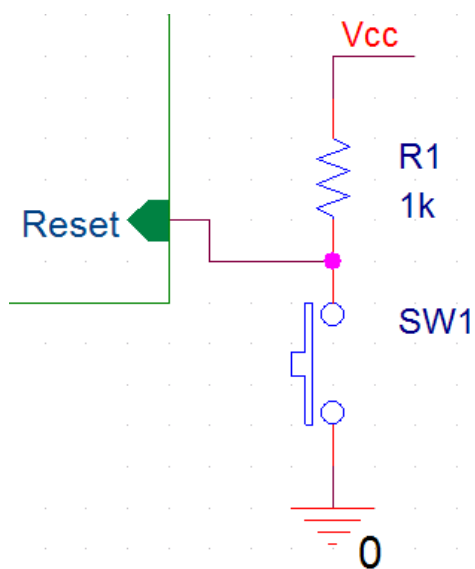


Imagen 22. Esquema del reset del micro.



Capítulo IV:

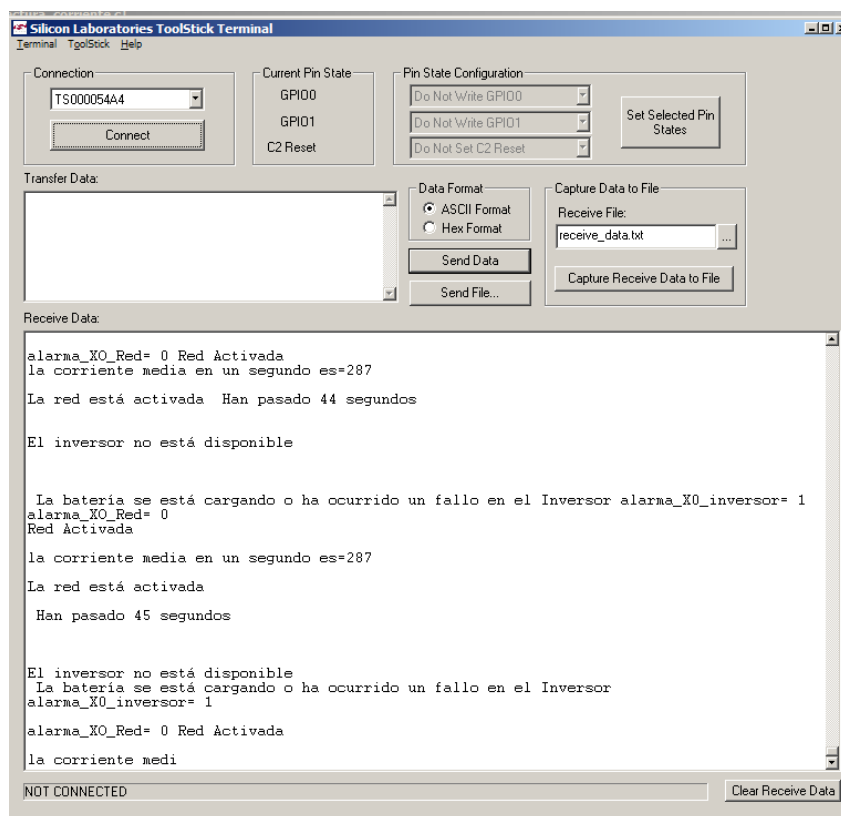
Diseño del software



Herramientas

El software del sistema se ha diseñado en un entorno facilitado por Silicon Labs. Se han utilizado principalmente tres herramientas: Toolstick Terminal, Configuration Wizard y Silicon Laboratories IDE.

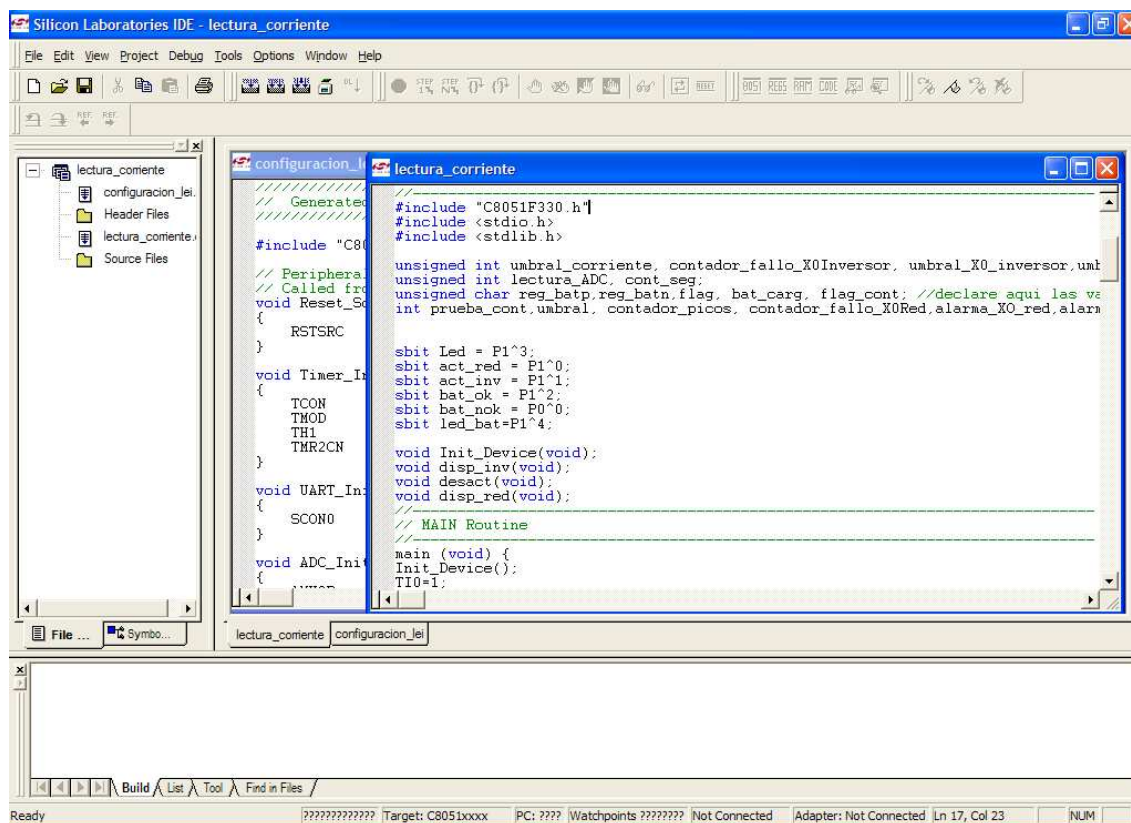
Mediante el Toolstick Terminal, podemos ver por pantalla lo que imprime el microprocesador. Esta herramienta se ha configurado con una velocidad de 4800 baudios (no predeterminada).



Para visualizar, editar y compilar el código, escrito en lenguaje C, se ha utilizado la herramienta Silicon Laboratories IDE. A través de esta, se pueden crear o cargar proyectos, en los que se añaden archivos C, de texto, etc, que se compilarán o no a gusto del usuario. Mediante esta herramienta, se puede observar los puertos del micro y realizar una



visualización “Step by Step” del programa, analizando el comportamiento de los distintos recursos del micro.



Para configurar el microprocesador, Silicon Lab ofrece una herramienta llamada Configuration Wizard, en la que sirve para configurar la UART, los puertos, las interrupciones, el ADC, y todas las prestaciones que se puedan usar del micro:



Port I/O

Priority Crossbar

Crossbar Priority Decoder Setup

Pin I/O	P0								P1								P2
	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0
UART0 TX0					Assigned												
UART0 RX0						Assigned											
SCK																	
MISO																	
MOSI																	
NSS																	
SDA																	
SCL																	
CP0																	
CP0A																	
SYSCLK																	
CEX0																	
PCA CEX1																	
PCA CEX2																	
ECI																	
Timer 0 T0																	
Timer 1 T1																	

Analog / Digital → D A D D D D D D D D D D D D D A X
Push-Pull / Open Drain → O O O O P O O O O O O O O O O O O
Pin Skip → VREF IDA X1 X2 CNV STR

Enable Crossbar ☒
Disable Weak Pull-Up ☐

Assigned (Red)
Skipped (Green)

D - Digital
A - Analog
O - Open Drain
P - Push-Pull

P0MDIN = 0xFD;
P1MDIN = 0x7F;
P0MDOUT = 0x10;
P0SKIP = 0x02;

Aceptar Cancelar Reset

Esta herramienta, ofrece como salida de la configuración, un documento de texto, escrito en lenguaje C, que se debe añadir al proyecto y compilarse junto al programa principal. El resultado de la configuración del micro se muestra a continuación:

```
////////////////////////////////////
// Generated Initialization File //
////////////////////////////////////

#include "C8051F330.h"

// Peripheral specific initialization functions,
// Called from the Init_Device() function
void Reset_Sources_Init()
{
    RSTSRC = 0x04;
}

void Timer_Init()
```



```
{
    TCON    = 0x55;
    TMOD    = 0x21;
    TH1     = 0x2B;
    TMR2CN  = 0x0C;
}

void UART_Init()
{
    SCON0    = 0x10;
}

void ADC_Init()
{
    AMX0P    = 0x0D;
    AMX0N    = 0x0F;
    ADC0CF   = 0xFC;
    ADC0CN   = 0x82;
}

void DAC_Init()
{
    IDA0CN   = 0xF2;
}

void Voltage_Reference_Init()
{
    REF0CN   = 0x0A;
}

void Port_IO_Init()
{
    // P0.0 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // P0.1 - Skipped, Open-Drain, Analog
    // P0.2 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // P0.3 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // P0.4 - TX0 (UART0), Push-Pull, Digital
    // P0.5 - RX0 (UART0), Open-Drain, Digital
    // P0.6 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // P0.7 - Unassigned, Open-Drain, Digital

    // P1.0 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // P1.1 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // P1.2 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // P1.3 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // P1.4 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // P1.5 - Skipped, Open-Drain, Analog
    // P1.6 - Skipped, Open-Drain, Analog
    // P1.7 - Skipped, Open-Drain, Analog

    P0MDIN   = 0xFD;
    P1MDIN   = 0x1F;
    P0MDOUT  = 0x10;
    P0SKIP   = 0x02;
    P1SKIP   = 0xE0;
    XBR0     = 0x01;
    XBR1     = 0x40;
}

void Oscillator_Init()
{

```



```
    OSCICN  = 0x83;
}

void Interrupts_Init()
{
    IE      = 0x87;
    EIE1    = 0x08;
    EIP1    = 0x08;
    IT01CF  = 0x32;
}

// Initialization function for device,
// Call Init_Device() from your main program
void Init_Device(void)
{
    Reset_Sources_Init();
    Timer_Init();
    UART_Init();
    ADC_Init();
    DAC_Init();
    Voltage_Reference_Init();
    Port_IO_Init();
    Oscillator_Init();
    Interrupts_Init();
}
```

Los puertos de I/O se han configurado de la siguiente forma:

I/O Microcontrolador	
P0.2	INT0
P0.3	INT1
P1.5	ADC+
P1.6	ADC-
P1.0	Activación Red
P1.1	Activación Inversor
P1.2	Batería OK
P1.3	Batería NOK
P1.4	Led batería baja
Vcc	5V
Gnd	0V

Tabla 9



Funcionamiento

El flujo principal del programa del microprocesador, consiste en una máquina de estados, con 4 estados, en el que se basa en la variable externa que muestra el consumo instantáneo de la carga conectada.

Si el valor se excede del límite pasamos a desconectar el inversor y conectar posteriormente la red. Si por el contrario, está conectada la red y baja el consumo por debajo del umbral establecido (3A) se desconectará la red y se conectará el inversor. Con lo que, se ha programado una rutina dependiente de una variable externa, que se actualiza cada ciclo de tensión (20ms). A continuación se muestra la rutina principal del programa y el diagrama de estados:

```
if ((promedio_segundo<umbral) && bat_carg==0)
{
    if (alarma_X0_inversor==0)
        disp_inv();
}

if (promedio_segundo>umbral) contador_picos++; //flag contador picos de tension.

// condicion activacion red

if (contador_picos>15 || bat_carg==1)
{
    if (alarma_XO_red==0)
        disp_red();
}
```

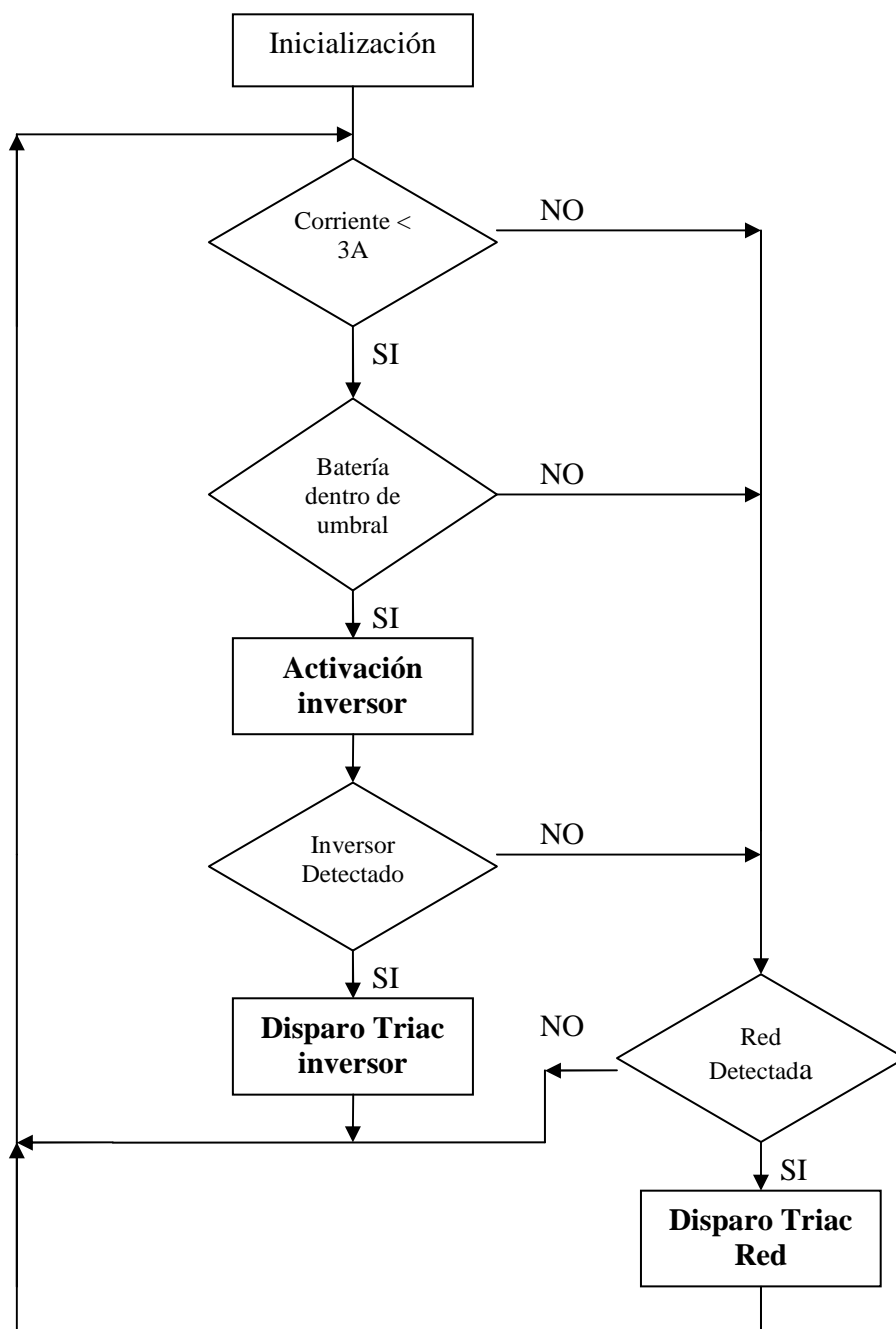


Imagen 23. Diagrama de bloques general.



Estados de activación de la red y el inversor:

Red Activada.- En este estado se pone a cero lógico el bit que activa el Led del integrado de disparo de los Triacs (ver circuito de disparo de Triacs en el capítuloII). La red estará activada siempre y cuando el bit este a cero lógico, con lo que este bit estará siempre a cero lógico en este estado.

```
//Funcion de disparo de la red
void disp_red(void)
{
printf("Red Activada \n");
act_red=0;
act_inv=1;
contador_picos=0;
flag_cont=1;//flag contador picos de tension.
```

Inversor Activado.- En este estado se pone a cero lógico el bit que activa el Led del integrado de disparo de los Triacs (ver circuito de disparo de Triacs en el capítulo II). El inversor estará activado siempre y cuando el bit este a cero lógico, con lo que este bit estará siempre a cero lógico en este estado.

```
//Funcion disparo de inversor

void disp_inv(void)
{
printf("Inversor activado \n");
act_red=1;
act_inv=0;
contador_picos=0;
flag_cont=0;//flag contador picos de tension.
}
```



Para medir la corriente, se ha utilizado el conversor Analógico-digital, que se dispara mediante la interrupción de un Timer, con una precarga que hace overflow 7600 veces por segundo. A continuación se muestra el diagrama de flujo de la rutina de medir la corriente:

Para evitar los picos de corriente que pueda haber por el encendido de algunos aparatos, se ha programado un regulador mediante software. Consiste en un contador llamado contador_ciclos que se incrementa cada vez que se detecta una demanda de corriente superior al umbral. Hasta que este contador no ha superado cierto valor establecido no se conmuta a la red. A continuación se muestra líneas de código donde aparece la rutina de medición de corriente:

```
// RUTINA DE INTERRUPCION DEL ADC. SE DISPARA AUTOMATICAMENTE
void ADC0_ISR (void) interrupt 10
{
    contador_muestras++;
    lectura_ad=(ADC0H*255+ADC0L)/64;//desplazamos el número 6 posiciones a la izq
    if (lectura_ad<0)
    {
        lectura_ad=-lectura_ad;
    }
    lectura_acumulada=lectura_ad+lectura_acumulada;//acumulamos las lecturas en un ciclo
    if (contador_muestras==143)
    {
        contador_muestras=0;
        promedio_ciclo=lectura_acumulada/144;//144=numero de veces //que salta
        la int. en un ciclo a 50Hz
        lectura_acumulada=0;
        contador_ciclos++;
        ciclos_acumulado=promedio_ciclo+ciclos_acumulado;
    }
}
```

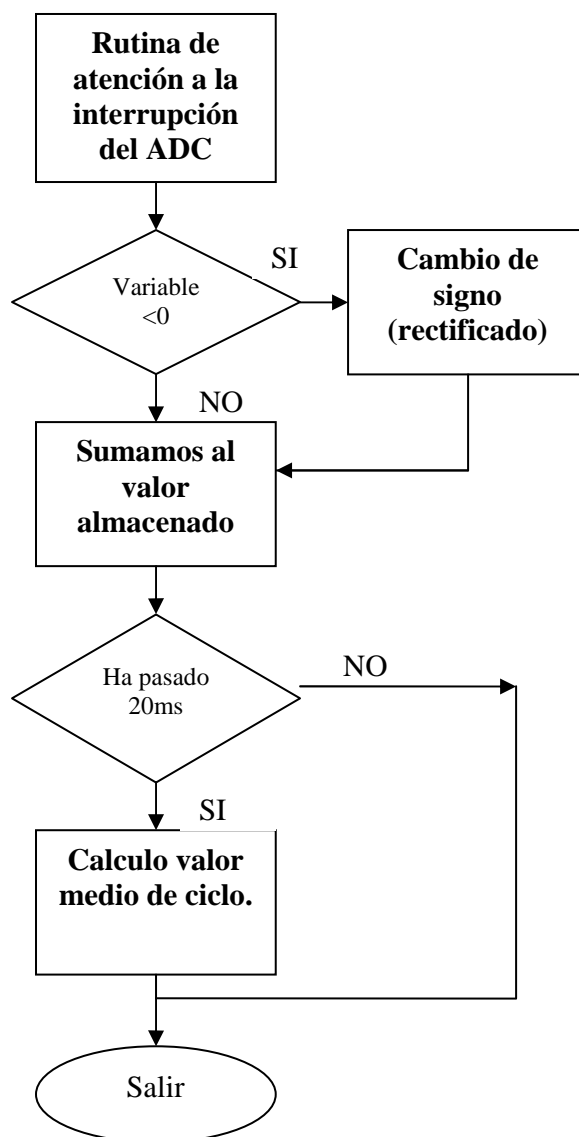



Imagen 24. Diagrama de flujo de la rutina para medir la corriente demandada.



Para comprobar el cruce por cero de las señales de red, inversor y carga, se ha optado por usar las interrupciones del micro. La rutina software consiste en un contador que incrementa una variable, y cuando llega a un valor determinado, activa una alarma que indica que no hay señal. Mediante las interrupciones 0 y 1, la variable se pone a 0. El contador se incrementa cada vez que el programa entra en la rutina de interrupción del ADC (7200 veces por segundo). A continuación se muestra la parte del código donde se incrementa el contador y activa la alarma:

```
// Contador de fallo del cruce por cero.
```

```
contador_fallo_X0Inversor++;  
if(contador_fallo_X0Inversor>umbral_X0_inversor) alarma_X0_inversor=1; contador_fallo_X0Red++;  
if(contador_fallo_X0Red>umbral_X0_red) alarma_X0_red=1;  
AD0INT=0; // fin rutina de interrupción del ADC
```

La Interrupción 1, INT1, se ha usado para detectar el paso por cero de la tensión de la red, mientras que la interrupción 0, INT0, se ha usado para detectar la tensión del inversor:

```
//RUTINA DE INTERRUPCION DE LA INTERRUPCION 0. SE ACTIVA POR FLANCO DE //BAJADA
```

```
void INT0_ISR (void) interrupt 0  
{  
    contador_fallo_X0Inversor=0;  
}
```

```
//RUTINA DE INTERRUPCION DE LA INTERRUPCION 1. SE ACTIVA POR FLANCO DE //BAJADA
```

```
void INT1_ISR (void) interrupt 2  
{  
    contador_fallo_X0Red=0;  
}
```

Para medir la tensión de la batería, se han utilizado dos bits de entrada bat_ok y bat_nok (ver circuito medidor de batería en el capítulo III), y un bit de salida bat_carg, que estará a 0 lógico si la batería está bien ó a 1 si la batería se está cargando. Se ha programado de tal forma que evita las posibles bajadas de tensión momentáneas de la batería y evitar que se empiece a cargar estando ya cargada, el regulador diseñado se muestra a continuación:

```
if (bat_ok==0)
```



```
reg_batp++;  
else reg_batp=0;  
if (reg_batp==5)  
{  
bat_carg=0;  
reg_batp=0;  
}
```

```
if (bat_nok==1)  
reg_batn++;  
else reg_batn=0;
```

```
if (reg_batn==10)  
{  
bat_carg=1;  
reg_batn=0;  
}
```

Para ver el código de programa entero, consulte el anexo.



Capitulo V

Construcción

Y

Medidas



Diseño de PCB

Para diseñar la placa de circuito impreso (PCB) del proyecto, se ha utilizado el programa Orcad 10.5 de la compañía Cadence, con las aplicaciones Orcad Capture y Orcad Layout.

Mediante la herramienta Orcad Capture, se ha diseñado los esquemáticos y se ha simulado los diferentes circuitos que componen el sistema, explicados en el capítulo “Diseño del hardware”. Para crear todo el sistema se han utilizado los llamados “bloques jerárquicos”, una herramienta utilizada en Orcad Capture para crear subcircuitos de forma jerarquizada, de tal forma que se pueda dividir en varios esquemáticos. De esta forma el esquema queda más reducido. Estos bloques se crean mediante la opción Hierarchical Block, mostrada a continuación:

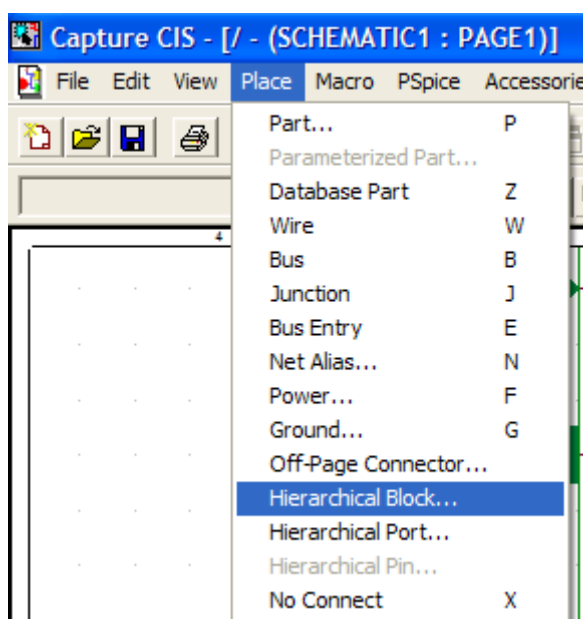


Imagen 25. Orcad Capture

A estos subcircuitos se les puede aplicar señales I/O y de potencia, que se verán en la siguiente jerarquía del bloque. Estas señales se aplican como Hierarchical ports, mostradas junto a la opción de Hierarchical Block (ver imagen inmediatamente superior).

Junto a estos subcircuitos, en el esquema general podemos encontrar los “jumpers”, que simbolizan las conexiones externas del circuito.

A continuación se muestra el esquema general del sistema diseñado:

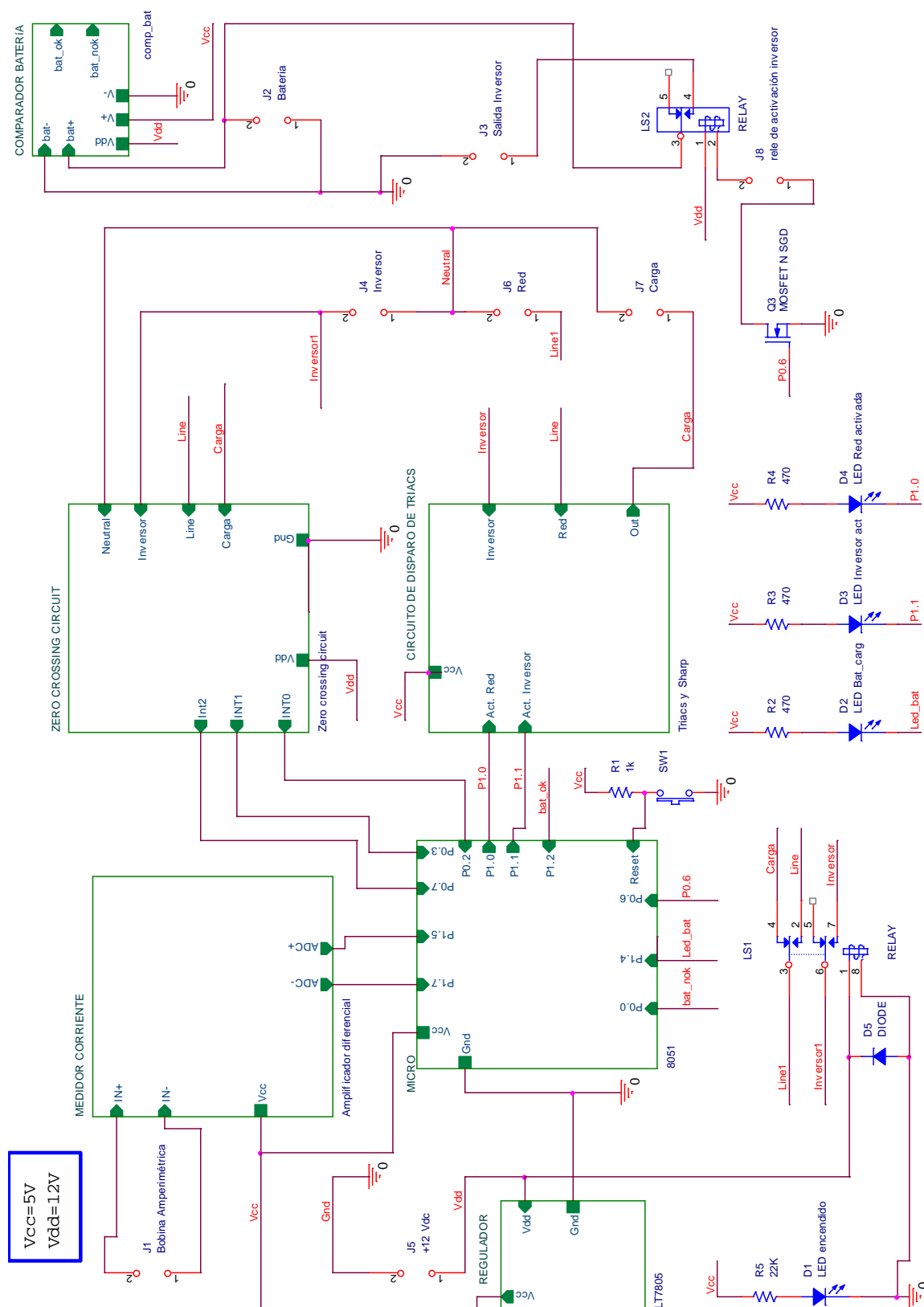


Imagen 26. Esquema general del sistema.

Para ver lo que contiene cada subcircuito, simplemente basta con pinchar con el botón derecho del ratón y seleccionar la opción de Descend Hierachy. A modo de ejemplo, se muestra la secuencia de entrar en el bloque de “Zero Crossing Circuit”:

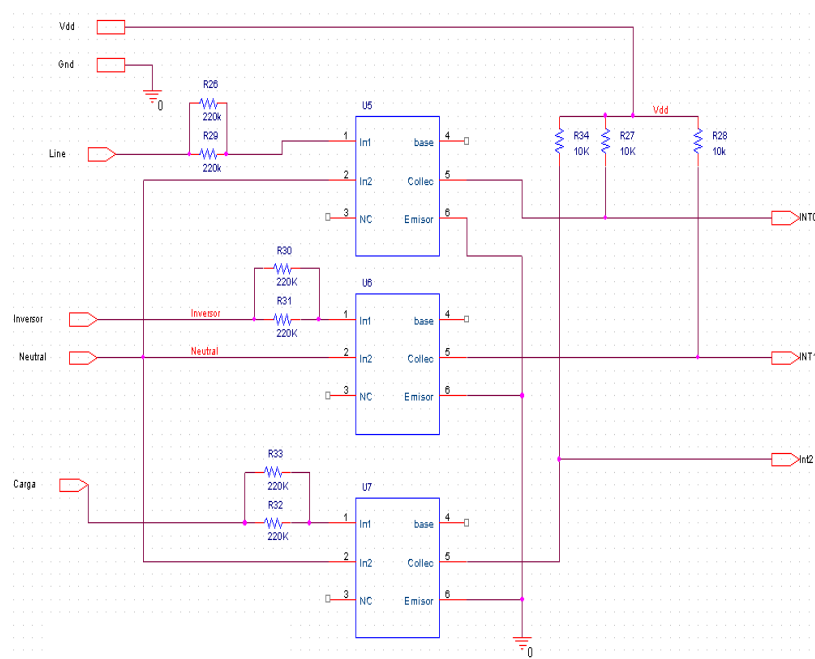
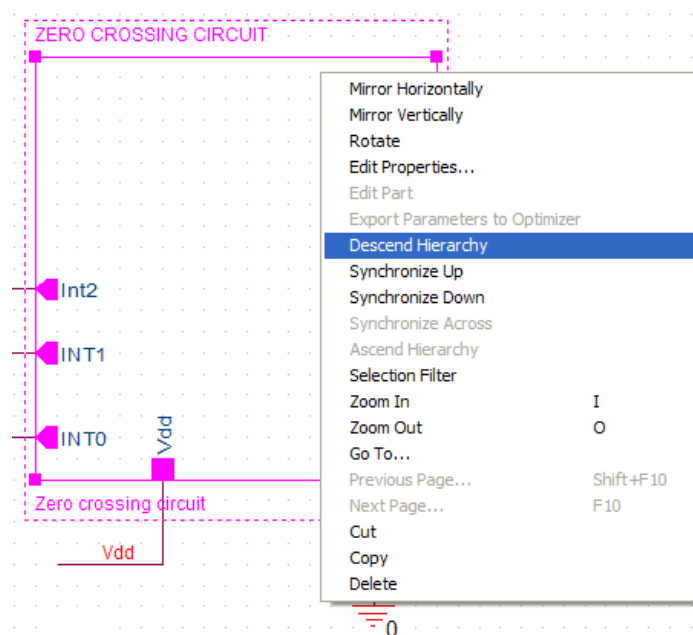


Imagen 27. Ejemplo diseño jerárquico.



Para el diseño del rutado, se ha utilizado Orcad Layout, una aplicación que a través de una netlist que importa Orcad Capture, sirve para emplazar y rutar los componentes del proyecto. Este programa a su vez genera unos archivos CAM para fabricar la PCB llamados gerbers.

Para emplazar los componentes en la PCB, se ha revisado uno por uno cada componente para aplicarles una footprint, o huella, adecuada. Cada componente tiene una footprint asociada por defecto por la netlist, pero en algunos casos es necesario o conveniente cambiar a otra más adecuada. Entre otras características, cada componente necesita un “pad” y un “drill”, es decir, una corona de cobre donde se suelda y un taladro para fijarlo a la placa.

A continuación se muestra una tabla en la que se detalla los footprints de cada componente:

Componente	Footprints
Resistencia	AX/.400X.100/.034
Potenciómetro	VRES8
Condensador cerámico	Rad/CK05
Condensador electrolítico	CYL/D.300/LS.125/.034
Leds	CYL/D.200/LS.100/.031
Diodo	DAX2/.350X.080/.031
Optoacopladores	DIP.100/6/W.300/L.375
Disparo de Triacs	DIP.100/6/W.300/L.375
Clema	jumper 500
Relé	RELAY39
Triacs	TO220AB/VF2
Mosfet N channel	TO220AB/VF2
LM324	DIP.100/14/W.300/L.800
Conector micro 8X2	BLKCON.100/VH/TM2OE/W.200/16
Conector micro 5X1	BLKCON.100/VH/TM1SQ/W.100/5

Tabla 10.

Para rutar la placa, se necesita seguir una serie de reglas, impuestas al principio de cada proyecto.

Una de estas reglas es el espesor de la pista (track width), que dependiendo de cada net, debe ser de un mínimo de grosor. Para las pistas de señal se ha elegido 20 mils y para las



pistas de potencia, se ha seguido un baremo de aproximadamente 1 milímetro por amperio, puesto que el sistema puede soportar 3 A, las pistas se han elegido con un ancho de 3mm.

Otra faceta importante es la separación entre las pistas de potencia. Esta separación, por normativa, se exige que sea de 3mm como mínimo para pistas que puedan llegar a tener una diferencia de potencial de 220Veff.

El clearance (espacio entre Nets) es otra regla importante a la hora de diseñar. En el proyecto se ha elegido un aclarado de 1mm. Esta regla es importante definirla a la hora de crear un plano de masa, ya que esto quiere decir que el plano de masa tiene un espacio mínimo de 1mm a cada Net.



Como resultado del emplazamiento y rutado, obtenemos las siguientes imágenes correspondientes a las caras Top y Bottom respectivamente:

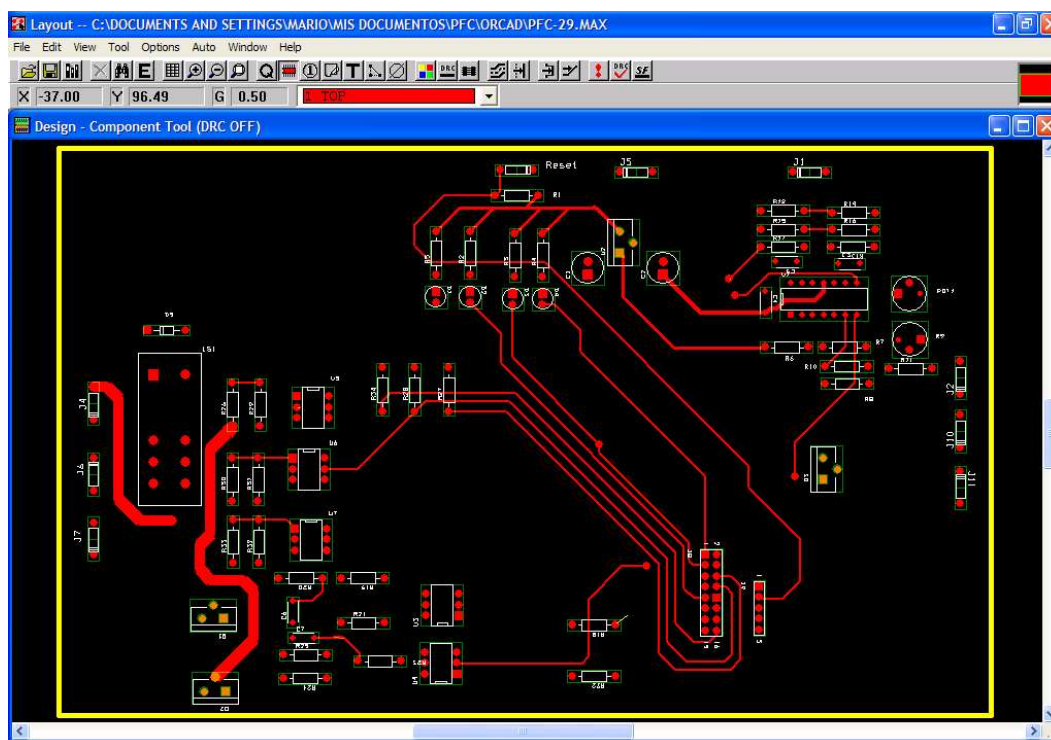


Imagen 28. Capa Top.

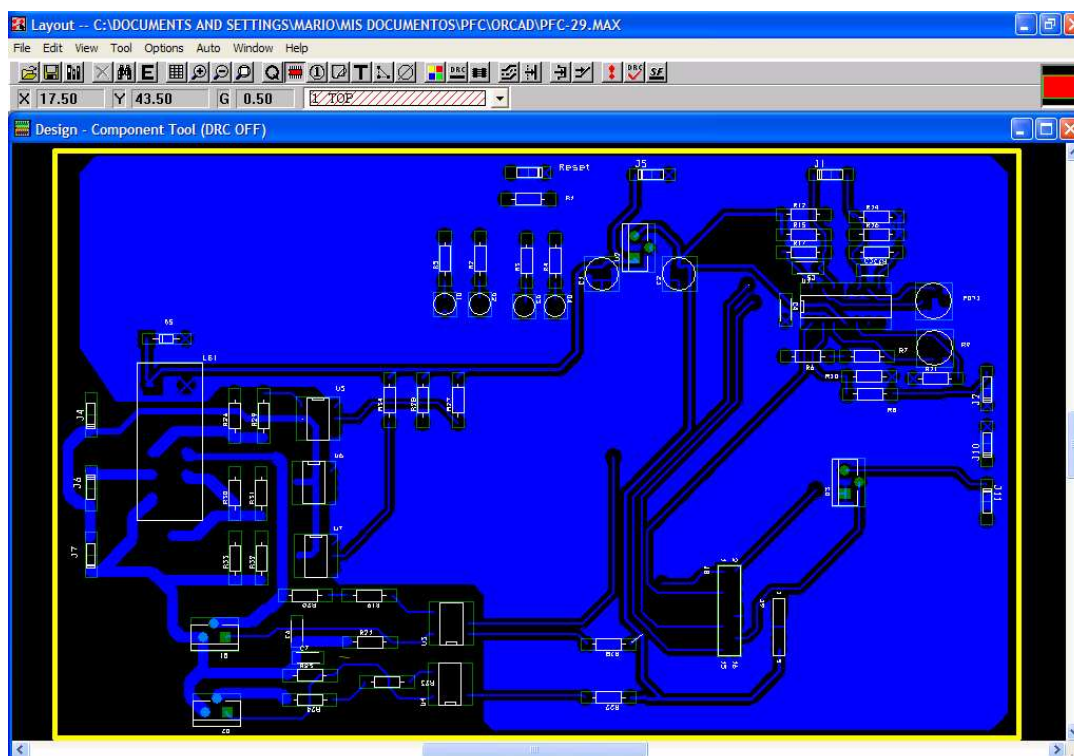


Imagen 29. Capa Bottom.

El resultado de ambas capas juntas “Global Layer”, se muestra en la siguiente imagen:

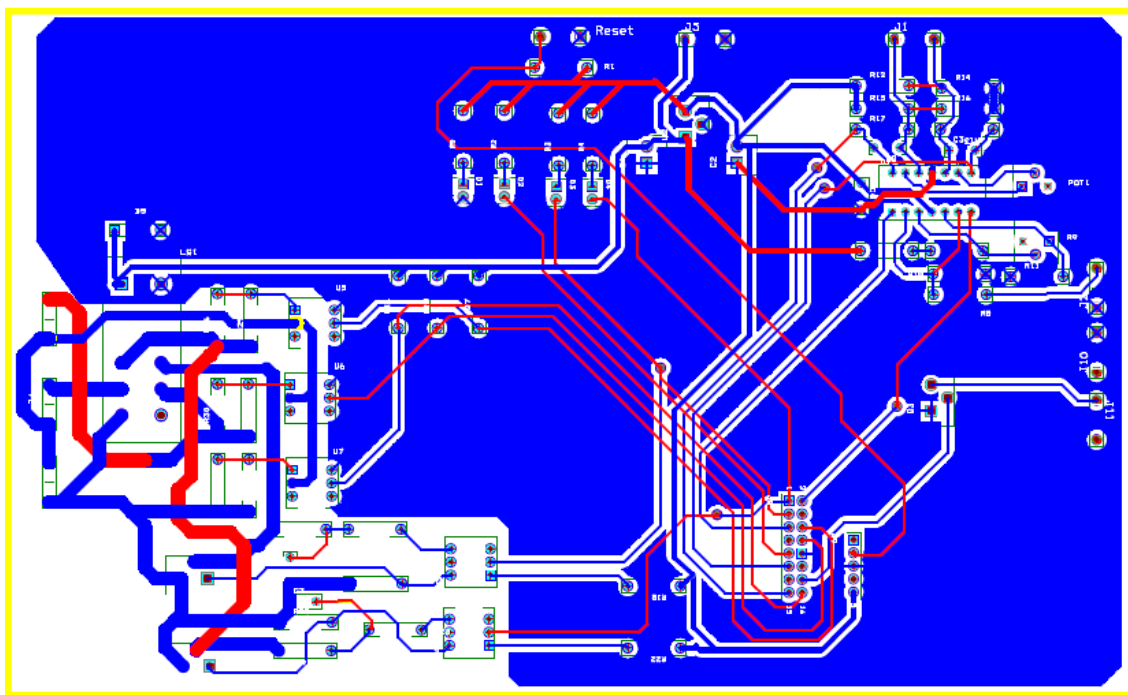


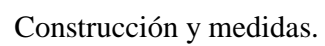
Imagen 30. Global Layer.

Una vez se ha obtenido la “PCB”, se hicieron los taladros mediante un taladro intercambiando la broca según que drill sea, ya que los conectores, los relés y los integrados TO220A necesitan un drill mayor que el de resto de componentes.

Los componentes se han soldado manualmente con estaño libre de Pb.

Es importante seguir todas las medidas de seguridad tanto para hacer los taladros y soldar los diferentes componentes. Tales medidas de seguridad exigen llevar mascarilla tanto para taladrar como para soldar.

Como resultado final de la construcción de la PCB se muestra la siguiente imagen, que muestra un plano general de la placa:



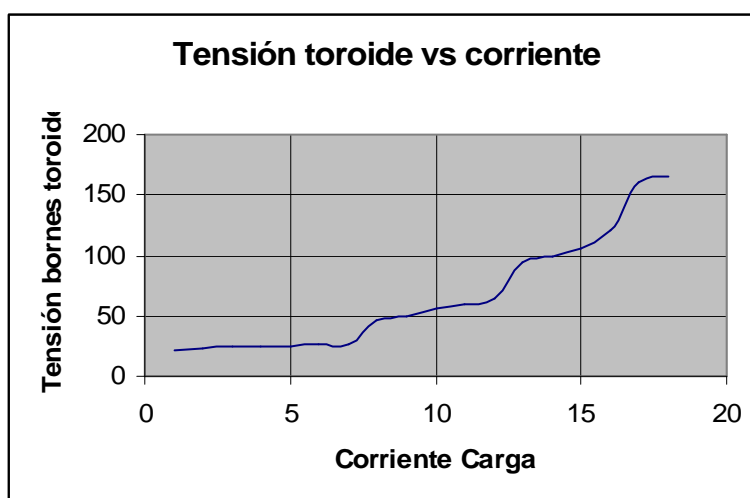


Medidas

Una vez construida la PCB se ha dispuesto a tomar medidas. La primera medida a tomar, ha sido las tensiones que ha proporcionado el toroide, para así regular la ganancia mediante el potenciómetro 1.

Corriente (A)	Tensión(mVp)
0.1	22
0.2	23
0.3	24
0.4	24
0.5	25
0.6	26
0.7	27
0.8	46
0.9	50
1	56
1.2	60
1.4	65
1.5	95
1.6	100
1.8	105
2	120
2.3	160
2.5	165

Tabla 11. Tensión del toroide.



Gráfica 5. Tensión toroide vs. Corriente



Una vez finalizada estas medidas, se ha procedido a calibrar el circuito medidor de tensión de la batería ajustando el potenciómetro 2, obteniendo los resultados esperados, mostrados en la siguiente tabla:

Tensión batería	Señal digital	
	bat_ok	bat_nok
14.5	0	0
14.3	0	0
14	0	0
13.9	1	0
13.8	1	0
13.5	1	0
13	1	0
12.5	1	0
12	1	0
11.5	1	0
11.3	1	0
11.1	1	0
11	1	1
10.9	1	1
10.5	1	1
10	1	1

Tabla 12

Una vez calibrado el sistema, se ha procedido a hacer una puesta en marcha. Se ha de tener en cuenta, que el diseño se ha probado previamente en placas de ensaño Protoboard, para así asegurar el diseño.

La puesta en marcha ha consistido en conectar una carga variable, de tal forma que se pueda controlar la demanda de corriente para lograr forzar un cambio manualmente.

Las baterías de los paneles solares se han simulado mediante una fuente de tensión continua, para poder variar la tensión y simular fácilmente la carga y descarga de la batería.



También se ha conectado un relé externo con la placa de ensayo al mosfet-N encargado de conectar y desconectar el inversor, obteniendo el resultado esperado.

El resultado de la puesta en marcha se ha sido satisfactorio. Se han obtenido todos los resultados esperados obteniendo los cambios del panel a la red dependiendo del consumo. A continuación se muestra gráficamente la puesta en marcha del sistema, donde se han tomado imágenes de algunos casos:

- **Demanda de corriente superior a 3A:**

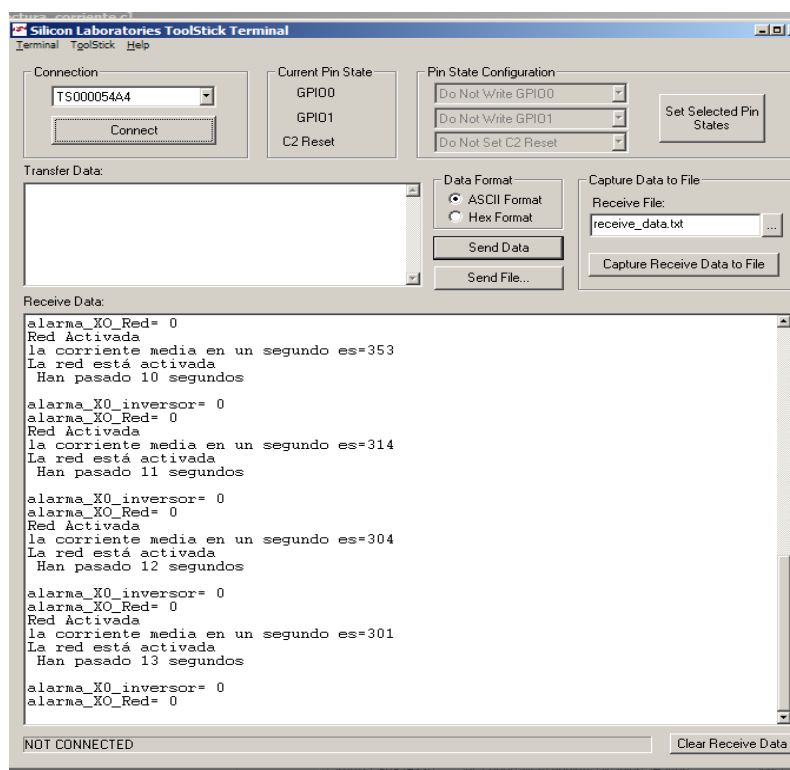


Imagen 32



Deben por lo tanto estar encendidos el Led de funcionamiento (rojo) y el de activación de la red (segundo Led verde):

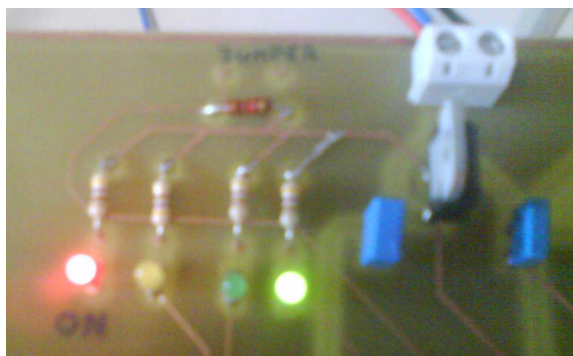


Imagen 33.

- Demanda inferior a 3A:

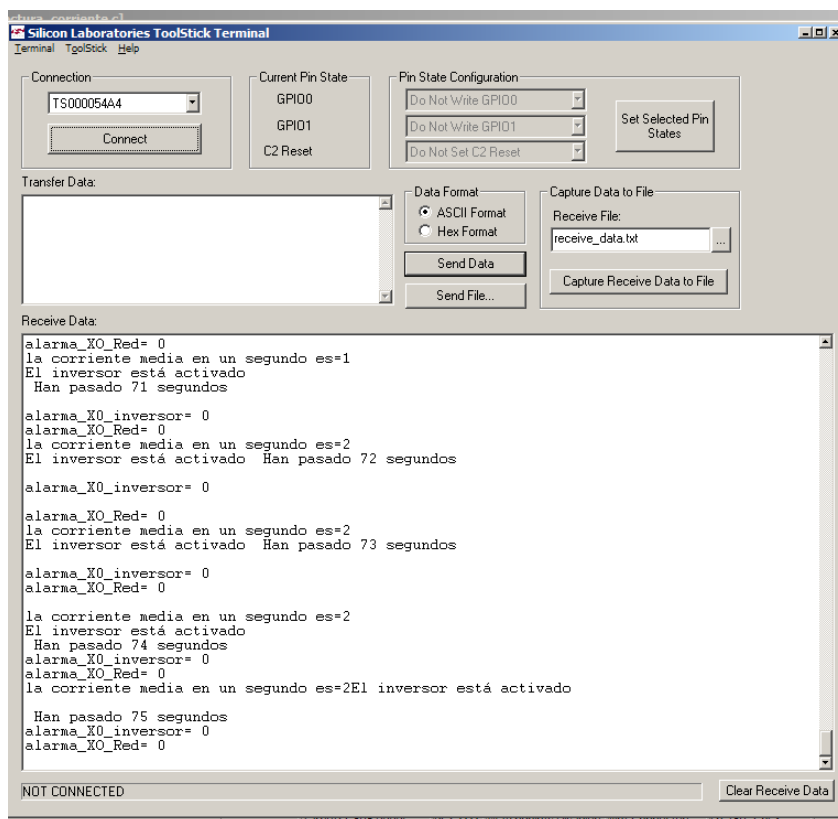


Imagen 34

- **Demanda inferior a 3A y fallo del detector de cruce por cero del inversor:**

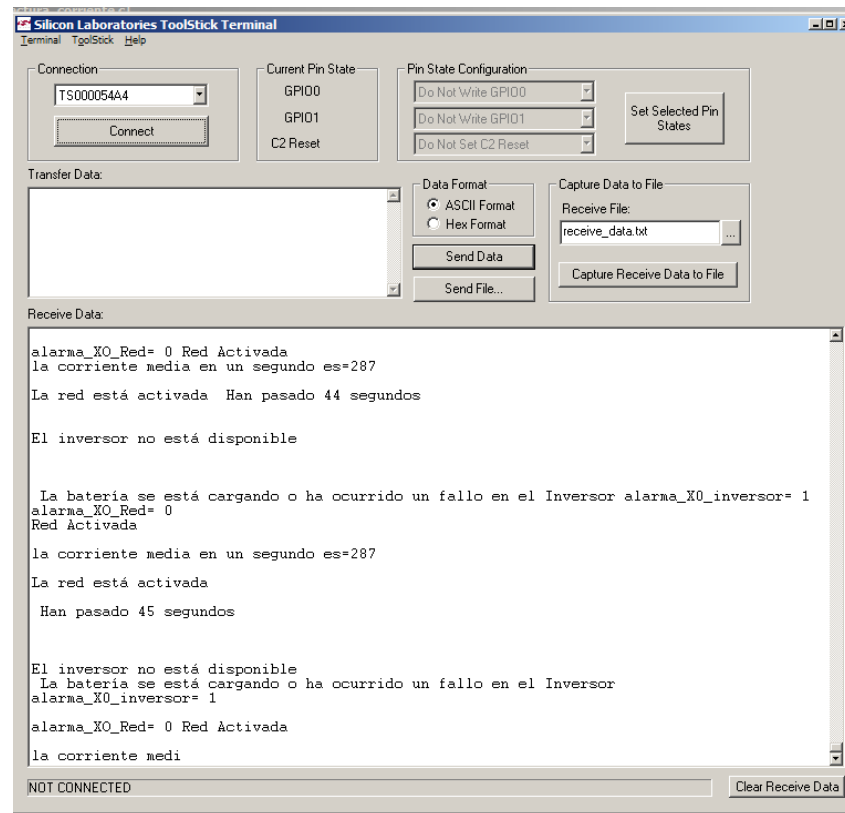


Imagen 35

- **Demanda inferior a 3A y batería cargando:** Para este caso, la imagen de la terminal indicaría lo mismo que en el anterior caso, pero los leds no están igual, ya que para este caso se utiliza el Led amarillo, que nos indica que la batería se está cargando, mientras que en el anterior caso la batería estaba bien:

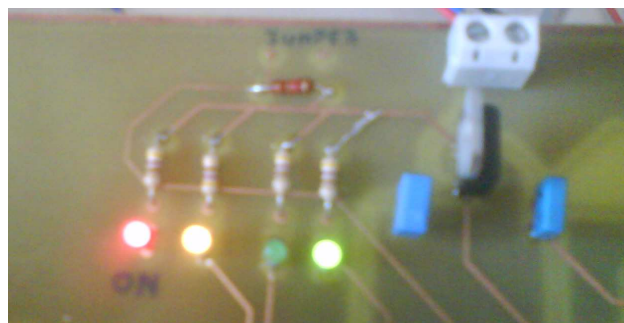


Imagen 36

Otro factor importante que se ha tenido en cuenta es el cambio en el cruce por cero, como se muestra en la siguiente imagen obtenida del osciloscopio:

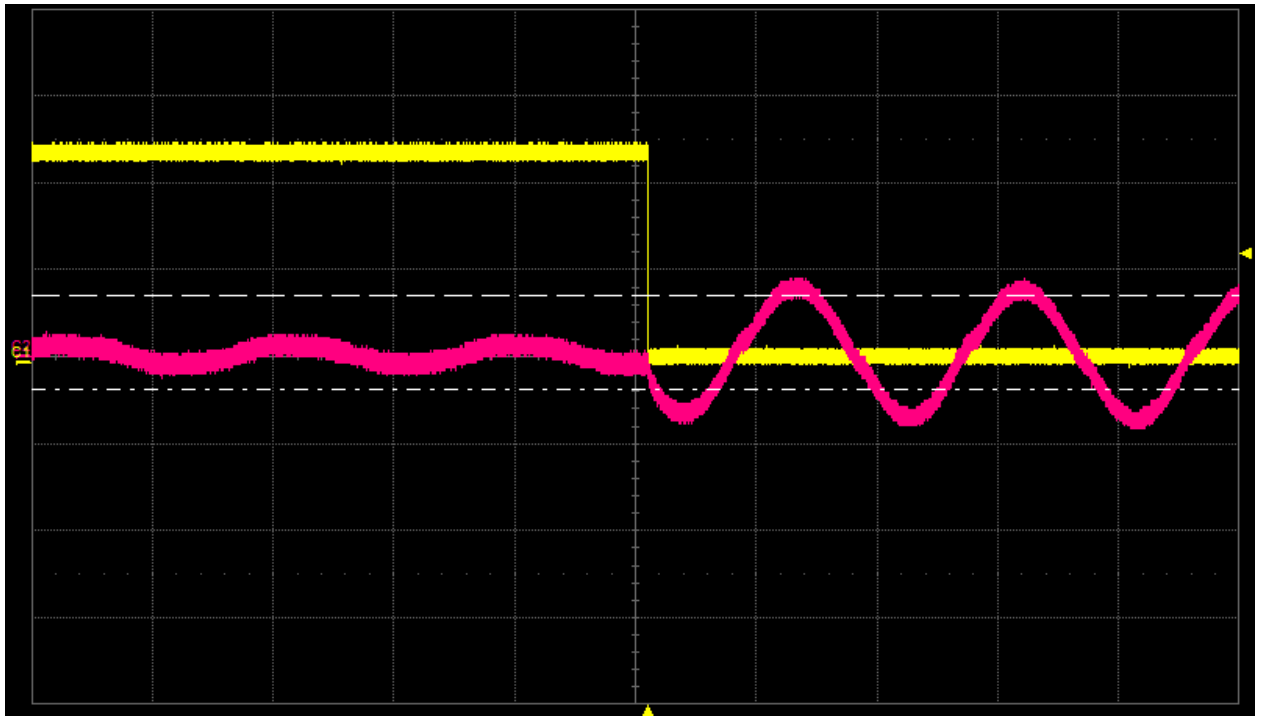


Imagen 37. Paso de Inversor a red eléctrica.

En la imagen se puede observar en el canal 1 (rojo) la señal de salida, y en el canal 2 (amarillo) la señal de activación obtenida del micro.

Otra de las medidas hechas ha sido la salida que ofrece el amplificador operacional ante la señal del toroide:

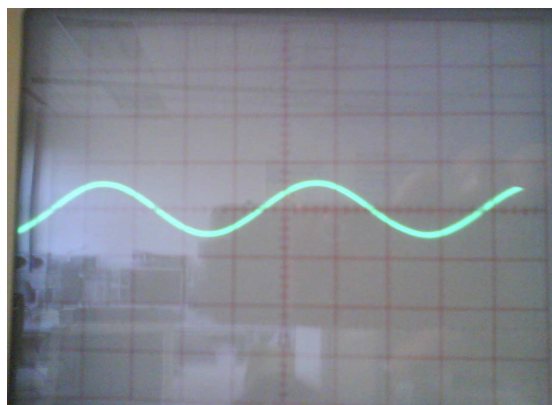


Imagen 38



Capítulo VI

Presupuesto



Presupuesto de material

Componente	Descripción	Unidades	Precio Unitario	Precio total
Capítulo I: Integrados y transistores				
LM324	Amplificador Operacional (4)	2	0,43 €	0,86 €
Triac	Triac,800V,8A,BT137-800	2	0,51 €	1,02 €
Optoacoplador 4N37	Detector paso por cero mediante optoacopladores	3	3,97 €	11,91 €
Toshiba TLP3063	Circuito de disparo para Triacs por paso por cero	2	1,20 €	2,40 €
Transistor mosfet canal-N	Transistor para activación de relé.	1	0,06 €	0,06 €
Regulador LM7805	Regulador de tensión de 5V.	1	0,53 €	0,53 €
Toolstick C8051F330	microprocesador familia 8051 y kit de desarrollo con salida/entrada USB	1	27,44 €	27,44 €
Total por capítulo:				44,22 €
Capítulo II: Resistencias				
6K8	Resistencia axial 6K9 1/4W	1	0,03 €	0,03 €
1k2	Resistencia axial 1k3 1/4W	2	0,03 €	0,06 €
22k	Resistencia axial 22k 1/4W	1	0,03 €	0,03 €
3k9	Resistencia axial 3k10 1/4W	1	0,03 €	0,03 €
1meg	Resistencia axial 1meg 1/4W	2	0,03 €	0,06 €
1k	Resistencia axial 1k 1/4W	7	0,03 €	0,21 €
potenciometro 10k	potenciometro 10k 1/4W	2		0,00 €
470	Resistencia axial 470 1/4W	2	0,03 €	0,06 €
380	resistencias disparo de Triacs	2	0,03 €	0,06 €
Total por capítulo:				0,54 €
Capítulo III: Condensadores				
Condensador 100nF		4	0,03 €	0,12 €
Condensador 100pF		2	0,03 €	0,06 €
Condensador 330nF		2	0,03 €	0,06 €
Total por capítulo:				0,24 €
Capítulo IV: Diodos y relés				
Diodo Led Verde	Diodo Indicador Activación red ó inversor	2	0,08 €	0,16 €
Diodo Led Rojo	Indicador Sistema Encendido	1	0,08 €	0,08 €
Diodo Led Amarillo	Diodo Indicador batería agotada	1	0,08 €	0,08 €
Diodo 1N4001	Diodo de protección para relés	2	0,08 €	0,16 €
Relé 1 canal	Relé activación inversor con batería	1	6,36 €	
Relé 2 canales	Relé de seguridad ante fallo de alimentación	1	6,36 €	6,36 €
Total por capítulo:				6,84 €



Capítulo V: Conectores, zócalos y partes mecánicas				
Zócalo 14 pines	Zócalo para la colocación de integrados de 14 pines	1	0,16 €	0,16 €
Conector 8x2 pines	Conector Toolstick-PCB	1	0,16 €	0,16 €
Conector 5 pines	Conector Toolstick-PCB	1	0,16 €	0,16 €
Tornillos	Tornillos para sujeción de PCB	4	0,10 €	0,40 €
Cilindro metálico	cilindros que actúan como patas para elevar la PCB	4	0,15 €	0,60 €
Clemas		6	0,31 €	1,86 €
PCB	Construcción de PCB	2	300,00 €	600,00 €
Total por capítulo:				603,35 €

Total presupuesto material	
Capítulo I	44,22 €
Capítulo II	0,54 €
Capítulo III	0,24 €
Capítulo IV	6,84 €
Capítulo V	603,35 €
Total:	655,19 €



Presupuesto de Personal

CONCEPTO	Nº HORAS	COSTE / HORA	COSTE TOTAL
Diseño, montaje y pruebas del sistema a cargo de un Ingeniero Técnico Industrial Junior	350	40,00 €	14.000,00 €
Redacción y preparación del documento a cargo de personal administrativo	80	25,00 €	2.000,00 €
Total:			16.000,00 €



Resumen de presupuesto

CONCEPTO	COSTE
Coste de material	655,19 €
Coste de personal	16.000,00 €
Total:	16.655,19 €

El presupuesto de este proyecto asciende a:

Dieciséis mil seiscientos cincuenta y cinco coma diecinueve Euros (€).

Madrid, a 5 de Octubre de 2009

Fdo.: Mario García Izquierdo

Ingeniero Técnico Industrial de Electrónica Industrial.



Capítulo VII

Conclusiones.



El sistema ha funcionado correctamente, ante una prueba de menor potencia del sistema diseñado.

Una de las posibles mejoras hubiese sido integrar el circuito de desacoplo del inversor dentro de la PCB y una mejora de la posición del microprocesador.

Una extensión del presente proyecto puede ser integrar otra fuente de energía renovable, es decir, diseñar un sistema en el que la fuente primaria sea la fotovoltaica y la secundaria energía eléctrica procedente de un generador eólico, pequeñas centrales minihidráulica, o cualquier otra fuente de energía renovable, con el apoyo de la red eléctrica.



Capítulo VIII

Bibliografía



- <http://www.censolar.es>
- <http://es.wikipedia.org>
- <https://www.silabs.com>
- <http://es.farnell.com/>
- <http://es.rs-online.com/web/>
- <http://www.isofoton.com/>
- <http://www.solarweb.net>
- Microcontroladores 8051 y 8052. Bernard Odant
- “Centralita de control con microprocesador de un sistema de energías renovables”.
Rubén Darío Crespo Sánchez.
- “Termostato electrónico basado en microcontrolador “. Carlos Fernández-Portal del
Río.



Capítulo IX

Anexos

Hojas de Características



C8051F330/1/2/3/4/5

Mixed Signal ISP Flash MCU Family

Analog Peripherals

- **10-Bit ADC** (F330/2/4 only)
 - Up to 200 ksps
 - Up to 16 external single-ended or differential inputs
 - VREF from internal VREF, external pin or VDD
 - Internal or external start of conversion source
 - Built-in temperature sensor
- **10-Bit Current Output DAC** (F330 only)
- **Comparator**
 - Programmable hysteresis and response time
 - Configurable as interrupt or reset source
 - Low current (0.4 μ A)

On-Chip Debug

- On-chip debug circuitry facilitates full speed, non-intrusive in-system debug (no emulator required)
- Provides breakpoints, single stepping, inspect/modify memory and registers
- Superior performance to emulation systems using ICE-chips, target pods, and sockets
- Low cost, complete development kit

Supply Voltage 2.7 to 3.6 V

- Typical operating current: 6.4 mA at 25 MHz, 9 μ A at 32 kHz
- Typical stop mode current: 0.1 μ A

Temperature Range: -40 to +85 °C

High Speed 8051 μ C Core

- Pipelined instruction architecture; executes 70% of instructions in 1 or 2 system clocks
- Up to 25 MIPS throughput with 25 MHz clock
- Expanded interrupt handler

Memory

- 768 bytes internal data RAM (256 + 512)
- 8 kB (F330/1), 4 kB (F332/3), or 2 kB (F334/5) Flash; in-system programmable in 512-byte Sectors—512 bytes are reserved in the 8 kB devices

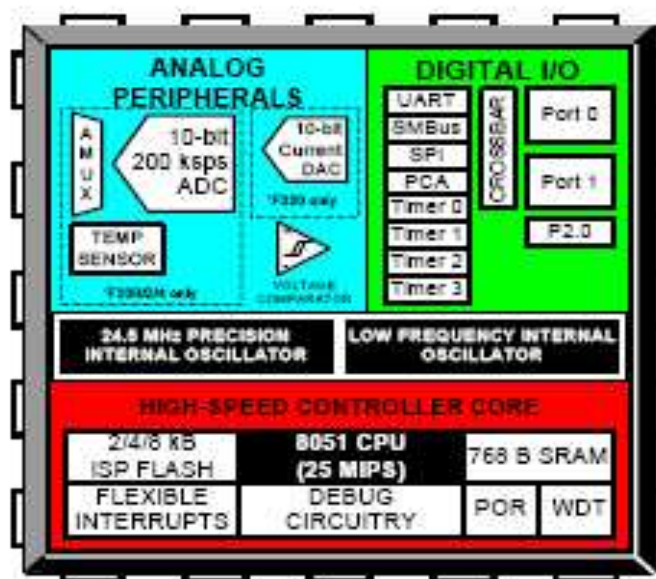
Digital Peripherals

- 17 Port I/O; All 5 V tolerant with high sink current
- Hardware enhanced UART, SMBus™, and enhanced SPI™ serial ports
- Four general purpose 16-bit counter/timers
- 16-Bit programmable counter array (PCA) with three capture/compare modules
- Real time clock mode using PCA or timer and external clock source

Clock Sources

- Two internal oscillators:
 - 24.5 MHz with $\pm 2\%$ accuracy supports crystal-less UART operation
 - 804020/10 kHz low frequency, low power
- External oscillator: Crystal, RC, C, or clock (1 or 2 pin modes)
- Can switch between clock sources on-the-fly; useful in power saving modes

20-Pin QFN or 20-pin PDIP



GENERAL DESCRIPTION

Passivated triacs in a full pack plastic envelope, intended for use in applications requiring high bidirectional transient and blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

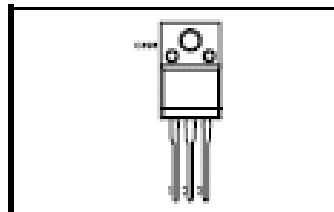
QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	MAX.	UNIT
	BT138X- BT138X-	800 800F	800 800F	
V_{RRM}	Repetitive peak off-state voltages	600	800	V
I_{RMS}	RMS on-state current	12	12	A
I_{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	95	95	A

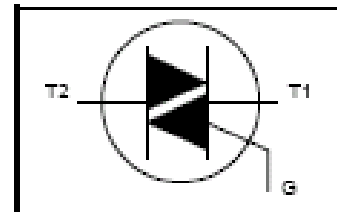
PINNING - SOT186A

PIN	DESCRIPTION
1	main terminal 1
2	main terminal 2
3	gate
case	Isolated

PIN CONFIGURATION



SYMBOL



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.		UNIT
V_{RRM}	Repetitive peak off-state voltages		-	-800 600 ¹	-800 800	V
I_{RMS}	RMS on-state current	full sine wave; $T_{\text{M}} \leq 55^\circ\text{C}$	-	12		A
I_{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	full sine wave; $T_{\text{J}} = 25^\circ\text{C}$ prior to surge $t = 20\text{ ms}$	-	95		A
		$t = 16.7\text{ ms}$	-	105		A
		$t = 10\text{ ms}$	-	45		A ² s
$\text{d}I_{\text{G}}/\text{d}t$	$\text{d}I_{\text{G}}/\text{d}t$ for fusing		-	50		A/ μs
	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$I_{\text{M}} = 20\text{ A}$; $I_{\text{G}} = 0.2\text{ A}$; $\text{d}I_{\text{G}}/\text{d}t = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$	-	50		A/ μs
		T2+ G+	-	50		A/ μs
		T2+ G-	-	50		A/ μs
		T2- G-	-	10		A/ μs
		T2- G+	-	2		A/ μs
I_{GM}	Peak gate current		-	5		A
V_{GM}	Peak gate voltage		-	5		V
P_{GM}	Peak gate power		-	5		W
$P_{\text{GM(AV)}}$	Average gate power	over any 20 ms period	-	0.5		W
T_{stg}	Storage temperature		-40	150		$^\circ\text{C}$
T_{J}	Operating junction temperature		-	125		$^\circ\text{C}$

1 Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the triac may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 15 A/ μs .



Triacs

BT138X series

ISOLATION LIMITING VALUE & CHARACTERISTIC

 $T_{\text{ref}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
V_{iso}	R.M.S. isolation voltage from all three terminals to external heatsink	$f = 50\text{--}60\text{ Hz}$; sinusoidal waveform; R.H. $\leq 65\%$; clean and dustfree	-	-	2500	V
C_{iso}	Capacitance from T2 to external heatsink	$f = 1\text{ MHz}$	-	10	-	pF

THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
R_{thJA}	Thermal resistance junction to heatsink	full or half cycle with heatsink compound	-	-	4.0	K/W
R_{thJA}	Thermal resistance junction to ambient	without heatsink compound in free air	-	55	5.5	K/W

STATIC CHARACTERISTICS

 $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.		UNIT
I_{GT}	Gate trigger current	BT138X- $V_D = 12\text{ V}$; $I_T = 0.1\text{ A}$		F	
		T2+ G+	-	5	35	25	mA
		T2+ G-	-	8	35	25	mA
		T2- G-	-	10	35	25	mA
		T2- G+	-	22	70	70	mA
I_L	Latching current	$V_D = 12\text{ V}$; $I_{\text{GT}} = 0.1\text{ A}$					
		T2+ G+	-	7	40	40	mA
		T2+ G-	-	20	60	60	mA
		T2- G-	-	8	40	40	mA
		T2- G+	-	10	60	60	mA
I_H	Holding current	$V_D = 12\text{ V}$; $I_{\text{GT}} = 0.1\text{ A}$	-	5	30	30	mA
V_T	On-state voltage	$I_T = 15\text{ A}$	-	1.4	1.65		V
V_{GT}	Gate trigger voltage	$V_D = 12\text{ V}$; $I_T = 0.1\text{ A}$	-	0.7	1.5		V
		$V_D = 400\text{ V}$; $I_T = 0.1\text{ A}$; $T_J = 125\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.25	0.4	-		V
I_O	Off-state leakage current	$V_D = V_{\text{on-state}}$; $T_J = 125\text{ }^{\circ}\text{C}$	-	0.1	0.5		mA



Triacs

BT138X series

DYNAMIC CHARACTERISTICS

 $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.		TYP.	MAX.	UNIT
dV_{off}/dt	Critical rate of rise of off-state voltage	BT138X- $V_{\text{off}} = 67\% V_{\text{off(max)}}$ $T_J = 125\text{ }^{\circ}\text{C}$; exponential waveform; gate open circuit	100	...F 50	250	-	V/ μs
dV_{comm}/dt	Critical rate of change of commutating voltage	$V_{\text{off}} = 400\text{ V}$; $T_J = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$; $I_{\text{RMS}} = 12\text{ A}$; $dI_{\text{off}}/dt = 5.4\text{ A/ms}$; gate open circuit	-	-	20	-	V/ μs
t_{g}	Gate controlled turn-on time	$I_{\text{RM}} = 16\text{ A}$; $V_{\text{G}} = V_{\text{off(max)}}$; $I_{\text{G}} = 0.1\text{ A}$; $dI_{\text{G}}/dt = 5\text{ A}/\mu\text{s}$	-	-	2	-	μs



LM124 LM224 - LM324

LOW POWER QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

- WIDE GAIN BANDWIDTH : 1.3MHz
- INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE INCLUDES GROUND
- LARGE VOLTAGE GAIN : 100dB
- VERY LOW SUPPLY CURRENT/AMPLI : 375µA
- LOW INPUT BIAS CURRENT : 20nA
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE : 5mV max. (for more accurate applications, use the equivalent parts LM124A-LM224A-LM324A which feature 3mV max.)
- LOW INPUT OFFSET CURRENT : 2nA
- WIDE POWER SUPPLY RANGE :
SINGLE SUPPLY : +3V TO +30V
DUAL SUPPLIES : ±1.5V TO ±15V

DESCRIPTION

These circuits consist of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers. They operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

ORDER CODE

Part Number	Temperature Range	Package		
		N	D	P
LM124	-55°C, +125°C	•	•	•
LM224	-40°C, +105°C	•	•	•
LM324	0°C, +70°C	•	•	•
Example : LM224N				

N = Dual in Line Package (DIP)

D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)

P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape & Reel (PT)



N
DIP14
(Plastic Package)

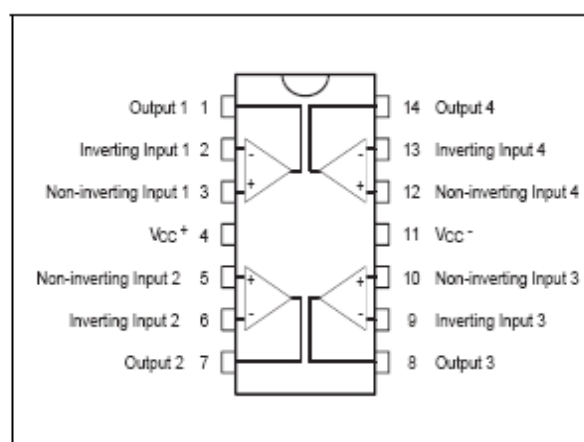


D
SO14
(Plastic Micropackage)



P
TSSOP14
(Thin Shrink Small Outline Package)

PIN CONNECTIONS (top view)




LM124-LM224-LM324
ELECTRICAL CHARACTERISTICS
 $V_{CC}^+ = +5V$, $V_{CC}^- = \text{Ground}$, $V_O = 1.4V$, $T_{amb} = +25^\circ C$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{IO}	Input Offset Voltage - note ¹⁾ $T_{amb} = +25^\circ C$ LM324 $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ LM324		2	5 7 7 9	mV
I_{IO}	Input Offset Current $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		2	30 100	nA
I_{IB}	Input Bias Current - note ²⁾ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		20	150 300	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain $V_{CC}^+ = +15V$, $R_L = 2k\Omega$, $V_O = 1.4V$ to $11.4V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	50 25	100		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $V_{CC}^+ = 5V$ to $30V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	65 65	110		dB
I_{CC}	Supply Current, all Amp, no load $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_{CC} = +5V$ $V_{CC} = +30V$ $V_{CC} = +5V$ $V_{CC} = +30V$		0.7 1.5 0.8 1.5	1.2 3 1.2 3	mA
V_{ICM}	Input Common Mode Voltage Range $V_{CC} = +30V$ - note ³⁾ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	0 0		$V_{CC} - 1.5$ $V_{CC} - 2$	V
CMR	Common Mode Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	70 60	80		dB
I_{source}	Output Current Source ($V_{ID} = +1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_O = +2V$	20	40	70	mA
I_{sink}	Output Sink Current ($V_{ID} = -1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_O = +2V$ $V_{CC} = +15V$, $V_O = +0.2V$	10 12	20 50		mA μA
V_{OH}	High Level Output Voltage $V_{CC} = +30V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_{CC} = +5V$, $R_L = 2k\Omega$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $R_L = 10k\Omega$	26 26 27 27 3.5 3	27 28		V



LM124-LM224-LM324

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{OL}	Low Level Output Voltage ($R_L = 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		5	20 20	mV
SR	Slew Rate $V_{CC} = 15V$, $V_I = 0.5$ to $3V$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity Gain		0.4		V/ μs
GBP	Gain Bandwidth Product $V_{CC} = 30V$, $f = 100kHz$, $V_{in} = 10mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$		1.3		MHz
THD	Total Harmonic Distortion $f = 1kHz$, $A_v = 20dB$, $R_L = 2k\Omega$, $V_o = 2V_{pp}$, $C_L = 100pF$, $V_{CC} = 30V$		0.015		%
e_n	Equivalent Input Noise Voltage $f = 1kHz$, $R_s = 100\Omega$, $V_{CC} = 30V$		40		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
DV_{IO}	Input Offset Voltage Drift		7	30	$\mu V/^\circ C$
DI_{IO}	Input Offset Current Drift		10	200	pA/ $^\circ C$
V_{oi}/V_{o2}	Channel Separation - note 4) $1kHz \leq f \leq 20kHz$		120		dB

1. $V_o = 1.4V$, $R_s = 0\Omega$, $5V < V_{CC}^+ < 30V$, $0 < V_{io} < V_{CC}^+ - 1.5V$

2. The direction of the input current is out of the IC. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

3. The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is $V_{CC}^+ - 1.5V$, but either or both inputs can go to +32V without damage.

4. Due to the proximity of external components insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

**MOTOROLA**
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATAOrder this document
by 4N35/D**6-Pin DIP Optoisolators**
Transistor Output

The 4N35, 4N36 and 4N37 devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Current Transfer Ratio — 100% Minimum @ Specified Conditions
- Guaranteed Switching Speeds
- Meets or Exceeds all JEDEC Registered Specifications
- **To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.**

Applications

- General Purpose Switching Circuits
- Interfacing and coupling systems of different potentials and impedances
- Regulation Feedback Circuits
- Monitor & Detection Circuits
- Solid State Relays

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INPUT LED			
Reverse Voltage	V_R	6	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Output Detector Derate above 25°C	P_D	120	mW
		1.41	mW/ $^\circ\text{C}$

OUTPUT TRANSISTOR

Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	30	Volts
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	7	Volts
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I_C	150	mA
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Input LED Derate above 25°C	P_D	150	mW
		1.76	mW/ $^\circ\text{C}$

TOTAL DEVICE

Isolation Source Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	250	mW
		2.94	mW/ $^\circ\text{C}$
Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾	T_A	-55 to +100	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	T_L	260	$^\circ\text{C}$

1. Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating.

For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

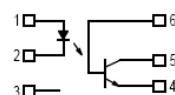
REV 2

© Motorola, Inc. 1995

4N35*
4N36
4N37

[CTR = 100% Min]

*Motorola Preferred Device

STYLE 1 PLASTIC**STANDARD THRU HOLE**
CASE 730A-04**SCHEMATIC**

PIN 1. LED ANODE
2. LED CATHODE
3. N.C.
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE

**MOTOROLA**

**MOTOROLA**
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATAOrder this document
by 4N35/D**6-Pin DIP Optoisolators**
Transistor Output

The 4N35, 4N36 and 4N37 devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Current Transfer Ratio — 100% Minimum @ Specified Conditions
- Guaranteed Switching Speeds
- Meets or Exceeds all JEDEC Registered Specifications
- **To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.**

Applications

- General Purpose Switching Circuits
- Interfacing and coupling systems of different potentials and impedances
- Regulation Feedback Circuits
- Monitor & Detection Circuits
- Solid State Relays

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INPUT LED			
Reverse Voltage	V_R	6	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Output Detector Derate above 25°C	P_D	120	mW
		1.41	mW/ $^\circ\text{C}$

OUTPUT TRANSISTOR

Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	30	Volts
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	7	Volts
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I_C	150	mA
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Input LED Derate above 25°C	P_D	150	mW
		1.76	mW/ $^\circ\text{C}$

TOTAL DEVICE

Isolation Source Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	250	mW
		2.94	mW/ $^\circ\text{C}$
Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾	T_A	-55 to +100	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	T_L	260	$^\circ\text{C}$

1. Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating.

For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

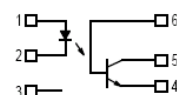
REV 2

© Motorola, Inc. 1995

4N35*
4N36
4N37

[CTR = 100% Min]

*Motorola Preferred Device

STYLE 1 PLASTIC**STANDARD THRU HOLE**
CASE 730A-04**SCHEMATIC**

PIN 1. LED ANODE
2. LED CATHODE
3. N.C.
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE





L7800 SERIES

POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

- OUTPUT CURRENT TO 1.5A
- OUTPUT VOLTAGES OF 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 10; 12; 15; 18; 24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSITION SOA PROTECTION

DESCRIPTION

The L7800 series of three-terminal positive regulators is available in TO-220, TO-220FP, TO-220FM, TO-3 and D²PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltage and currents.

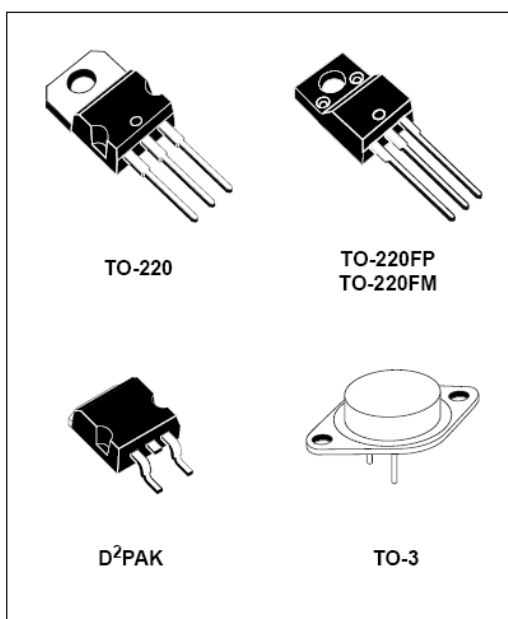
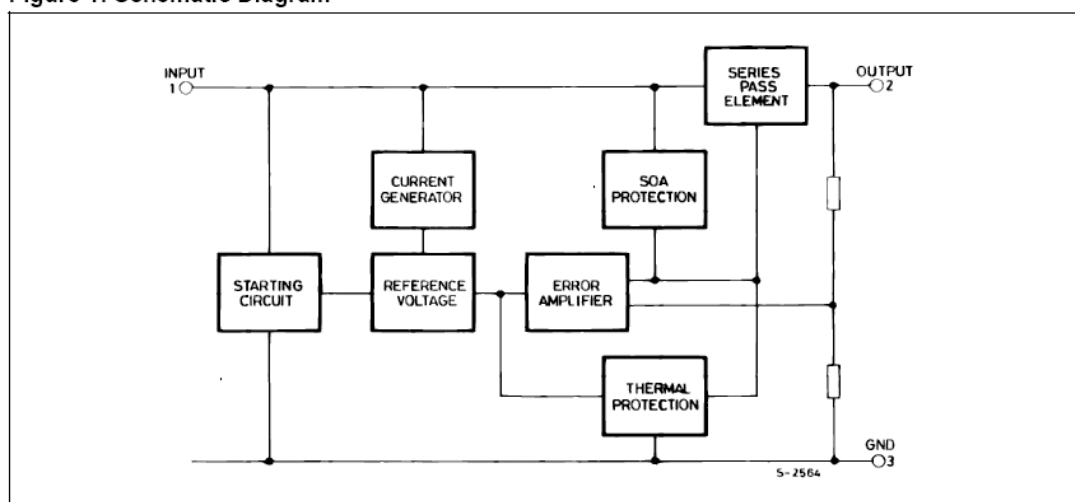


Figure 1: Schematic Diagram



L7800 SERIES

Figure 7: Ripple Rejection

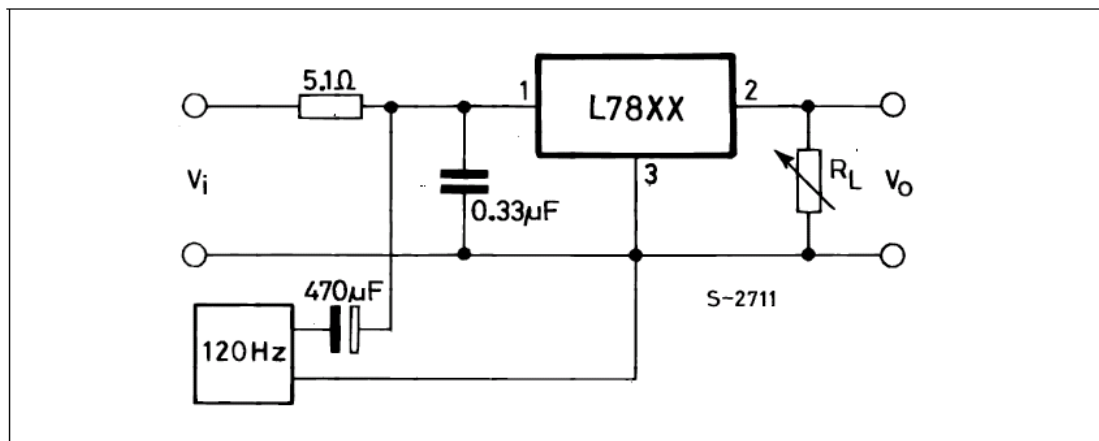


Table 4: Electrical Characteristics Of L7805 (refer to the test circuits, $T_J = -55$ to 150°C , $V_I = 10\text{V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $C_I = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified).

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$	4.8	5	5.2	V
V_O	Output Voltage	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_O \leq 15\text{ W}$ $V_I = 8\text{ to }20\text{ V}$	4.65	5	5.35	V
$\Delta V_O(^*)$	Line Regulation	$V_I = 7\text{ to }25\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_I = 8\text{ to }12\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		3	50	mV
$\Delta V_O(^*)$	Load Regulation	$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $I_O = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			100	mV
I_d	Quiescent Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $V_I = 8\text{ to }25\text{ V}$			0.5	mA
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift	$I_O = 5\text{ mA}$		0.6		mV/ $^\circ\text{C}$
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			40	$\mu\text{V}/V_O$
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_I = 8\text{ to }18\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	68			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_O = 1\text{ A}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		2	2.5	V
R_O	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		17		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_I = 35\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$	1.3	2.2	3.3	A

(*) Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

**VN0610L, VN10KLS, VN2222L**

Vishay Siliconix

N-Channel 60-V (D-S) MOSFETs with Zener Gate

PRODUCT SUMMARY				
Part Number	$V_{(BR)DS}$ Min (V)	$r_{DS(on)}$ Max (Ω)	$V_{GS(th)}$ (V)	I_D (A)
VN0610L	60	5 @ $V_{GS} = 10$ V	0.8 to 2.5	0.27
VN10KLS		5 @ $V_{GS} = 10$ V	0.8 to 2.5	0.31
VN2222L		7.5 @ $V_{GS} = 10$ V	0.6 to 2.5	0.23

FEATURES

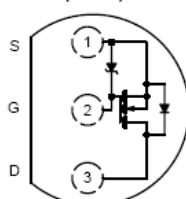
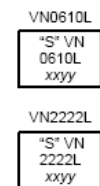
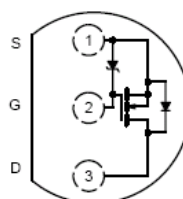
- Zener Diode Input Protected
- Low On-Resistance: 3 Ω
- Ultralow Threshold: 1.2 V
- Low Input Capacitance: 38 pF
- Low Input and Output Leakage

BENEFITS

- Extra ESD Protection
- Low Offset Voltage
- Low-Voltage Operation
- High-Speed, Easily Driven
- Low Error Voltage

APPLICATIONS

- Drivers: Relays, Solenoids, Lamps, Hammers, Displays, Memories, Transistors, etc.
- Battery Operated Systems
- Solid-State Relays
- Inductive Load Drivers

**TO-226AA
(TO-92)**Top View
VN0610L
VN2222L**Device Marking
Front View**"S" = Siliconix Logo
xxyy = Date Code**TO-92S**Top View
VN10KLS**Device Marking
Front View**"S" = Siliconix Logo
xxyy = Date Code

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ UNLESS OTHERWISE NOTED)					
Parameter		Symbol	VN2222L VN0610L	VN10KLS	Unit
Drain-Source Voltage		V_{DS}	60	60	V
Gate-Source Voltage		V_{GS}	15/-0.3	15/-0.3	
Continuous Drain Current ($T_J = 150^\circ\text{C}$)	$T_A = 25^\circ\text{C}$	I_D	0.27	0.31	A
	$T_A = 100^\circ\text{C}$		0.17	0.20	
Pulsed Drain Current ^a		I_{DM}	1	1.0	
Power Dissipation	$T_A = 25^\circ\text{C}$	P_D	0.8	0.9	W
	$T_A = 100^\circ\text{C}$		0.32	0.4	
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient		R_{thJA}	156	139	$^\circ\text{C/W}$
Operating Junction and Storage Temperature Range		T_J, T_{stg}	-55 to 150		$^\circ\text{C}$

Notes

a. Pulse width limited by maximum junction temperature.

**VN0610L, VN10KLS, VN2222L****Vishay Siliconix**

SPECIFICATIONS (T _A = 25 °C UNLESS OTHERWISE NOTED)								
Parameter	Symbol	Test Conditions	Typ ^a	Limits				Unit
				VN0610L VN10KLS		VN2222L		
				Min	Max	Min	Max	
Static								
Drain-Source Breakdown Voltage	V _{(BR)DSS}	V _{GS} = 0 V, I _D = 100 μA	120	60		60		V
Gate-Threshold Voltage	V _{GS(th)}	V _{DS} = V _{GS} , I _D = 1 mA	1.2	0.8	2.5	0.6	2.5	
Gate-Body Leakage	I _{GSS}	V _{DS} = 0 V, V _{GS} = 15 V	1		100		100	nA
Zero Gate Voltage Drain Current	I _{DSS}	V _{DS} = 48 V, V _{GS} = 0 V			10		10	μA
		T _J = 125°C			500		500	
On-State Drain Current ^b	I _{D(on)}	V _{DS} = 10 V, V _{GS} = 10 V	1	0.75		0.75		A
Drain-Source On-Resistance ^b	r _{DS(on)}	V _{GS} = 5 V, I _D = 0.2 A	4		7.5		7.5	Ω
		V _{GS} = 10 V, I _D = 0.5 A	3		5		7.5	
		T _J = 125°C	5.6		9		13.5	
Forward Transconductance ^b	g _{fs}	V _{DS} = 10 V, I _D = 0.5 A	300	100		100		mS
Common Source Output Conductance ^b	g _{os}	V _{DS} = 7.5 V, I _D = 0.05 A	0.2					
Dynamic								
Input Capacitance	C _{iss}	V _{DS} = 25 V, V _{GS} = 0 V, f = 1 MHz	38		60		60	pF
Output Capacitance	C _{oss}		16		25		25	
Reverse Transfer Capacitance	C _{rss}		2		5		5	
Switching ^c								
Turn-On Time	t _{ON}	V _{DD} = 15 V, R _L = 23 Ω I _D = 0.6 A, V _{GEN} = 10 V R _G = 25 Ω	7		10		10	ns
Turn-Off Time	t _{OFF}		9		10		10	

Notes

- a. For DESIGN AID ONLY, not subject to production testing.
b. Pulse test: $PW \leq 300\text{ }\mu\text{s}$ duty cycle $\leq 2\%$.
c. Switching time is essentially independent of operating temperature.

VN0610L



Serie 44 - Mini-relé para circuito impreso 6 - 10 A

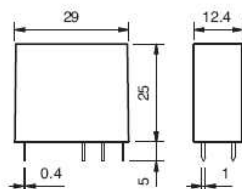
Características

Relé con 2 contactos
44.52 - 2 contactos 6 A (reticulado 5 mm)
44.62 - 2 contactos 10 A (reticulado 5 mm)

Montaje en circuito impreso

- directo o en zócalo
- Montaje en carril de 35 mm (EN 60715)
- en zócalos con bornes de jaula o de conexión rápida

- Separación física entre contactos adyacentes
- Disponible con bobina DC (estándar o sensible)
- Contactos sin Cadmio
- 8 mm, 6 kV (1.2/50 µs) entre bobina y contactos
- UL Listing (combinaciones relé/zócalo)
- Estanco al flux: RT II
- Zócalos serie 95
- Módulos de señalización y protección CEM
- Módulos temporizados serie 86



PARA CARGAS DE MOTORES Y "PLDT DUTY" HOMOLOGADAS POR UL VER "Información Técnica General" página V

Características de los contactos

Configuración de contactos

Corriente nominal/Máx. corriente instantánea A

Tensión nominal/Máx. tensión de conmutación V AC

Carga nominal en AC1 VA

Carga nominal en AC1.5 (230 V AC) VA

Motor monofásico (230 V AC) kW

Capacidad de ruptura en DC1: 30/110/220 V A

Carga mínima conmutable mW (V/mA)

Material estándar de los contactos

Características de la bobina

Tensión nominal V AC (50/60 Hz)

de alimentación (U_N) V DC

Potencia nominal en AC/DC/DC sens. VA (50 Hz)/W/W

Campo de funcionamiento AC

DC/DC sensible

Tensión de mantenimiento AC/DC

Tensión de desconexión AC/DC

Características generales

Vida útil mecánica AC/DC ciclos

Vida útil eléctrica con carga nominal AC1 ciclos

Tiempo de respuesta: conexión/desconexión ms

Aislamiento entre bobina y contactos (1.2/50 µs) kV

Rigidez dieléctrica entre contactos abiertos V AC

Temperatura ambiente °C

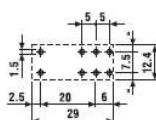
Categoría de protección

Homologaciones (según los tipos)

44.52



- 2 contactos, 6 A
- Reticulado 5 mm
- Montaje en circuito impreso o en zócalo serie 95

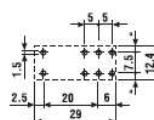


Vista parte inferior

44.62



- 2 contactos, 10 A
- Reticulado 5 mm
- Montaje en circuito impreso o en zócalo serie 95



Vista parte inferior

Características de los contactos	44.52	44.62
Configuración de contactos	2 contacto conmutado	2 contacto conmutado
Corriente nominal/Máx. corriente instantánea A	6/10	10/20
Tensión nominal/Máx. tensión de conmutación V AC	250/400	250/400
Carga nominal en AC1 VA	1500	2500
Carga nominal en AC1.5 (230 V AC) VA	250	500
Motor monofásico (230 V AC) kW	0.185	0.37
Capacidad de ruptura en DC1: 30/110/220 V A	6/0.3/0.13	10/0.3/0.13
Carga mínima conmutable mW (V/mA)	300 (5/5)	300 (5/5)
Material estándar de los contactos	AgNi	AgNi
Características de la bobina	44.52	44.62
Tensión nominal V AC (50/60 Hz)	—	—
de alimentación (U _N) V DC	6 - 9 - 12 - 14 - 24 - 28 - 48 - 60 - 110 - 125	—
Potencia nominal en AC/DC/DC sens. VA (50 Hz)/W/W	—/0.65/0.5	—/0.65/0.5
Campo de funcionamiento AC	—	—
DC/DC sensible	{0.73...1.5}U _N /[0.73...1.7]U _N	{0.73...1.5}U _N /[0.8...1.7]U _N
Tensión de mantenimiento AC/DC	—/0.4 U _N	—/0.4 U _N
Tensión de desconexión AC/DC	—/0.1 U _N	—/0.1 U _N
Características generales	44.52	44.62
Vida útil mecánica AC/DC ciclos	—/20 · 10 ⁶	—/20 · 10 ⁶
Vida útil eléctrica con carga nominal AC1 ciclos	150 · 10 ³	100 · 10 ³
Tiempo de respuesta: conexión/desconexión ms	8/5 - (12/5 sensible)	8/5 - (12/5 sensible)
Aislamiento entre bobina y contactos (1.2/50 µs) kV	6 (8 mm)	6 (8 mm)
Rigidez dieléctrica entre contactos abiertos V AC	1000	1000
Temperatura ambiente °C	—40...+85	—40...+85
Categoría de protección	RT II	RT II
Homologaciones (según los tipos)	CE, UL, VDE, RINA, cULus, VDE	CE, UL, VDE, RINA, cULus, VDE



Código de Programa y configuración

```
////////////////////////////////////
//  Generated Initialization File  //
////////////////////////////////////

#include "C8051F330.h"

// Peripheral specific initialization functions,
// Called from the Init_Device() function
void Reset_Sources_Init()
{
    RSTSRC      = 0x04;
}

void Timer_Init()
{
    TCON        = 0x55;
    TMOD        = 0x21;
    TH1         = 0x2B;
    TMR2CN      = 0x0C;
}

void UART_Init()
{
    SCON0       = 0x10;
}

void ADC_Init()
{
    AMX0P       = 0x0D;
    AMX0N       = 0x0F;
    ADC0CF      = 0xFC;
    ADC0CN      = 0x82;
}

void DAC_Init()
{
    IDA0CN      = 0xF2;
}

void Voltage_Reference_Init()
{
    REF0CN      = 0x0A;
}

void Port_IO_Init()
{
    // P0.0 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // P0.1 - Skipped, Open-Drain, Analog
    // P0.2 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // P0.3 - Unassigned, Open-Drain, Digital
    // P0.4 - TX0 (UART0), Push-Pull, Digital
    // P0.5 - RX0 (UART0), Open-Drain, Digital
    // P0.6 - Unassigned, Open-Drain, Digital
```



```
// P0.7 - Unassigned, Open-Drain, Digital

// P1.0 - Unassigned, Open-Drain, Digital
// P1.1 - Unassigned, Open-Drain, Digital
// P1.2 - Unassigned, Open-Drain, Digital
// P1.3 - Unassigned, Open-Drain, Digital
// P1.4 - Unassigned, Open-Drain, Digital
// P1.5 - Skipped, Open-Drain, Analog
// P1.6 - Skipped, Open-Drain, Analog
// P1.7 - Skipped, Open-Drain, Analog

P0MDIN = 0xFD;
P1MDIN = 0x1F;
P0MDOUT = 0x10;
P0SKIP = 0x02;
P1SKIP = 0xE0;
XBR0 = 0x01;
XBR1 = 0x40;
}

void Oscillator_Init()
{
    OSCICN = 0x83;
}

void Interrupts_Init()
{
    IE = 0x87;
    EIE1 = 0x08;
    EIP1 = 0x08;
    IT01CF = 0x32;
}

// Initialization function for device,
// Call Init_Device() from your main program
void Init_Device(void)
{
    Reset_Sources_Init();
    Timer_Init();
    UART_Init();
    ADC_Init();
    DAC_Init();
    Voltage_Reference_Init();
    Port_IO_Init();
    Oscillator_Init();
    Interrupts_Init();
}

//-----
//-----
// lectura_corriente.c
//-----
//
//
// Este programa contiene las cabeceras del programa principal,
// la configuracion y las rutinas de interrupcion del 8051F330
//
// Target: C8051F330/1/2/3/4/5
```



```
//
// Tool chain: KEIL Eval 'c'
//

//-----
// Includes
//-----
#include "C8051F330.h"
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

unsigned int umbral_corriente, contador_fallo_X0Inversor,
umbral_X0_inversor, umbral_X0_red, contador_muestras, contador_ciclos,
lectura_acumulada, promedio_ciclo, promedio_segundo, ciclos_acumulado;
//declare aqui las variables enteras de su programa (sin signo)
unsigned int lectura_ADC, cont_seg;
unsigned char reg_batp, reg_batn, flag, bat_carg, flag_cont; //declare
aqui las variables byte o char de su programa (sin signo)
int prueba_cont, umbral, contador_picos,
contador_fallo_X0Red, alarma_X0_red, alarma_X0_inversor,
contador_fallo_X0casa, umbral_X0_casa, num_ciclos_esp, lectura_ad;

sbit act_red = P1^0;
sbit act_inv = P1^1;
sbit bat_ok = P1^2;
sbit bat_nok = P1^3;
sbit led_bat=P1^4;

void Init_Device(void);
void disp_inv(void);
void desact(void);
void disp_red(void);
//-----
// MAIN Routine
//-----
main (void) {
Init_Device();
TI0=1;
PCA0MD &= ~0x40;
umbral_X0_casa=144*3; //umbral=3ciclos sin alimentar.
umbral_X0_inversor=144*25;
umbral_X0_red=144*25; //umbrales=25 ->medio segundo
umbral=58; //umbral de corriente para el inversor

while (1) {

    led_bat=!bat_carg;

    while(flag==0) {}

        // condición activación inversor
        if ((promedio_segundo<umbral) && bat_carg==0)
```



```
{
    if (alarma_X0_inversor==0)

        disp_inv();
    }

    if (promedio_segundo>umbral) contador_picos++; //flag
    contador_picos de tension.

    // condicion activacion red

    if (contador_picos>15 || bat_carg==1)
    {
        if (alarma_X0_red==0)
        disp_red();
    }

    promedio_segundo=promedio_segundo-4;//quitamos el offset
    printf("la corriente media en un segundo
es=%d\n",promedio_segundo);

    if (act_red==0) printf("La red está activada \n");
    if (act_inv==0) printf("El inversor está activado \n");
    printf(" Han pasado %d segundos\n\n", prueba_cont);
    if (alarma_X0_inversor==1) { // Si está conectado el
inversor y no hay tensión.
        printf("El inversor no está disponible \n\n La batería se
está cargando o ha ocurrido un fallo en el Inversor \n\n");
        desact();
    }
    if (alarma_X0_red==1 ){ // Si está conectada la red y no hay
tensión.
        printf("La red no está disponible\n\n Se desactivará la Red
hasta arreglar el fallo\n\n");
        desact();
    }

    printf("alarma_X0_inversor= %d \n",alarma_X0_inversor);
    printf("alarma_X0_Red= %d \n", alarma_X0_red);
    alarma_X0_red=0;
    alarma_X0_inversor=0;
    flag=0;

}

}

// FIN DEL PROGRAMA PRINCIPAL

// RUTINA DE INTERRUPCION DEL ADC. SE DISPARA AUTOMATICAMENTE
void ADC0_ISR (void) interrupt 10
{
    contador_muestras++;
    lectura_ad=(ADC0H*255+ADC0L)/64;//desplazamos el número 6 posiciones a
la izq
```



```
if (lectura_ad<0)
{
lectura_ad=-lectura_ad;
}
lectura_acumulada=lectura_ad+lectura_acumulada;//acumulamos las
lecturas en un ciclo
if (contador_muestras==143)
{
contador_muestras=0;
promedio_ciclo=lectura_acumulada/144;//144=numero de veces que
salta la int. en un ciclo a 50Hz
lectura_acumulada=0;
contador_ciclos++;
ciclos_acumulado=promedio_ciclo+ciclos_acumulado;
}

//contador segundos

if (contador_ciclos==50)
{

contador_ciclos=0;
promedio_segundo=ciclos_acumulado/50;
ciclos_acumulado=0;
flag=1;
prueba_cont++;

if (bat_ok==0)
reg_batp++;
else reg_batp=0;
if (reg_batp==5)
{
bat_carg=0;
reg_batp=0;
}

if (bat_nok==1)
reg_batn++;
else reg_batn=0;

if (reg_batn==10)
{
bat_carg=1;
reg_batn=0;
}

}

//

contador_fallo_X0casa++;
contador_fallo_X0Inversor++;
if(contador_fallo_X0Inversor>umbral_X0_inversor) alarma_X0_inversor=1;
//umbral =1seg. contador_fallo en int0 e int1
contador_fallo_X0Red++;
```



```
if(contador_fallo_X0Red>umbral_X0_red) alarma_X0_red=1;
AD0INT=0; //fin rutina de interrupción del ADC.
}

//Función desactivar
void desact(void)
{
act_red=1;
act_inv=1;
}

//Funcion de disparo de la red
void disp_red(void)
{
printf("Red Activada  \n");
act_red=0;
act_inv=1;
contador_picos=0;
flag_cont=1;//flag contador picos de tension.
}

//Funcion disparo de inversor
void disp_inv(void)
{
printf("Inversor activado  \n");
act_red=1;
act_inv=0;
contador_picos=0;
flag_cont=0;//flag contador picos de tension.
}

//RUTINA DE INTERRUPCION DEL TIMER 0. SE DISPARA AUTOMATICAMENTE 31
VECES/SEGUNDO
void Timer0_ISR (void) interrupt 1
{
}

//RUTINA DE INTERRUPCION DE LA INTERRUPCION 0. SE ACTIVA POR FLANCO DE
BAJADA
void INT0_ISR (void) interrupt 0
{contador_fallo_X0Inversor=0;
}

//RUTINA DE INTERRUPCION DE LA INTERRUPCION 1. SE ACTIVA POR FLANCO DE
BAJADA
void INT1_ISR (void) interrupt 2
{contador_fallo_X0Red=0;
}
```


Esquemas y Layout de la PCB

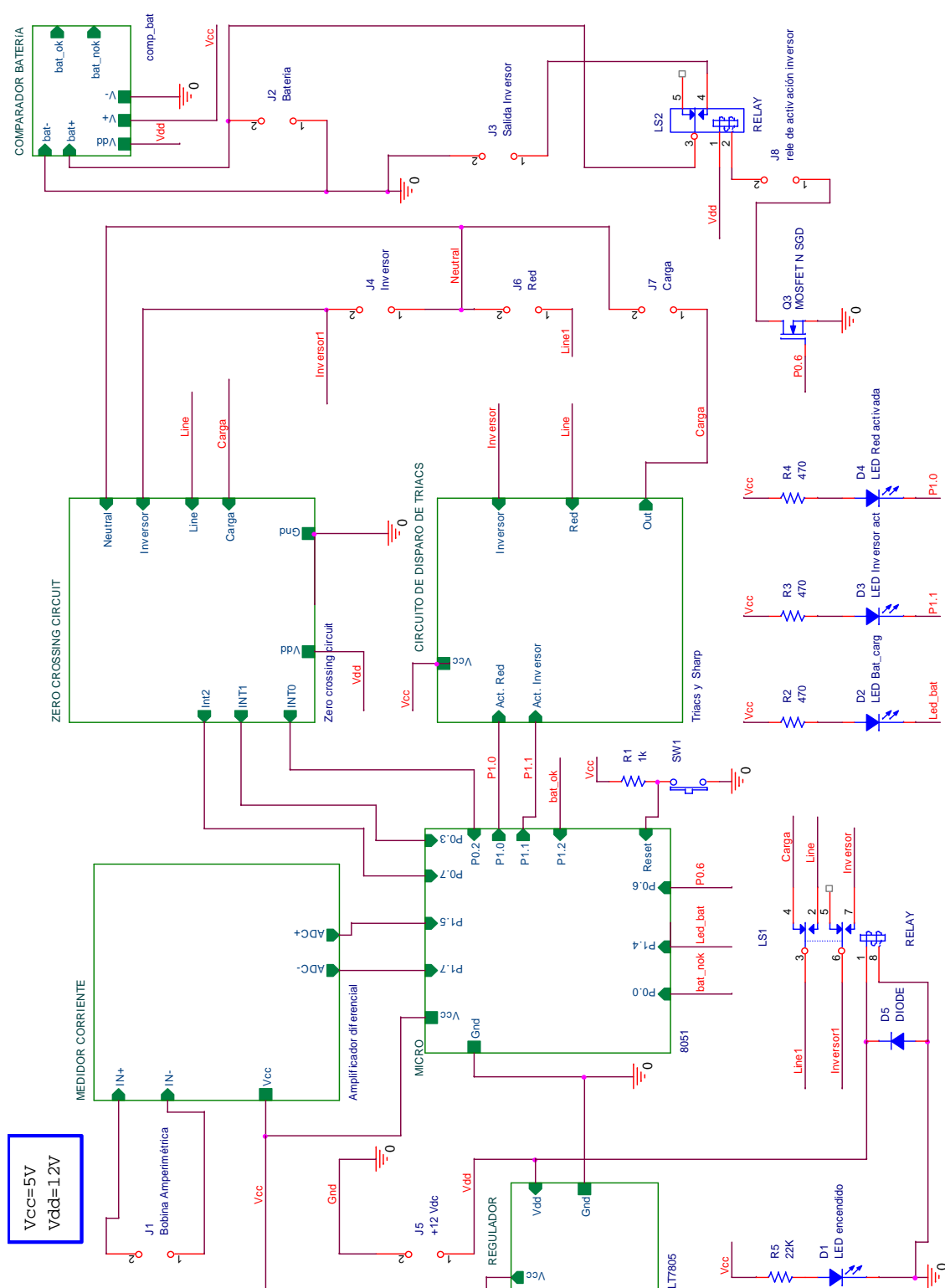


Imagen 39. Esquema general

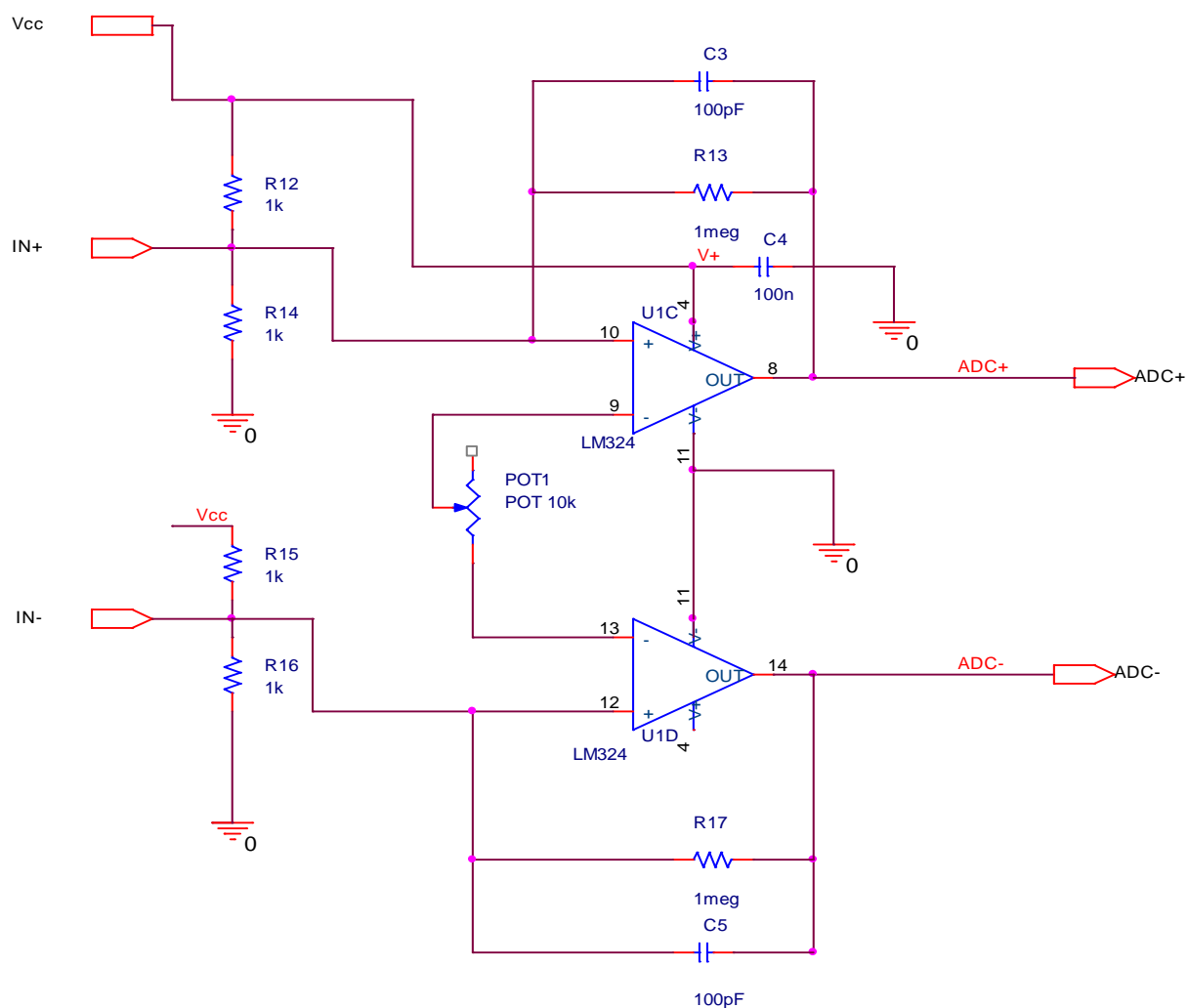


Imagen 40. Medidor de corriente.



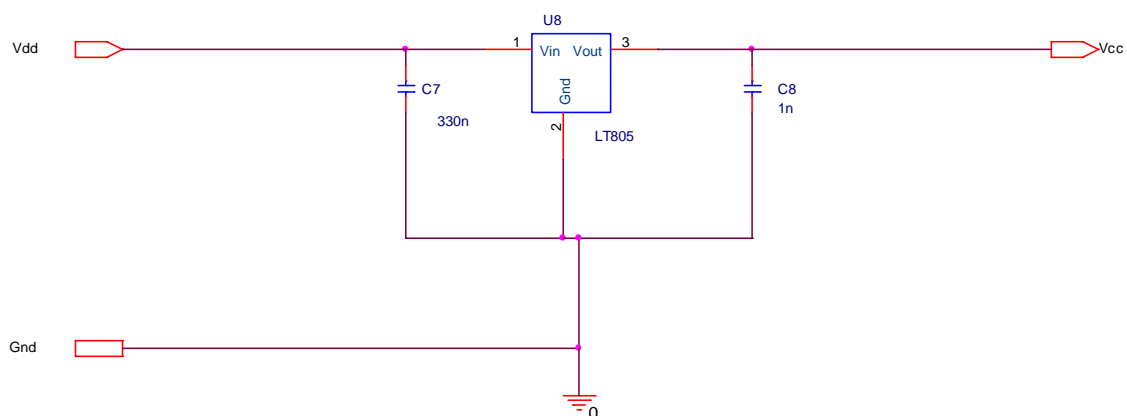


Imagen 43. Regulador de tensión.

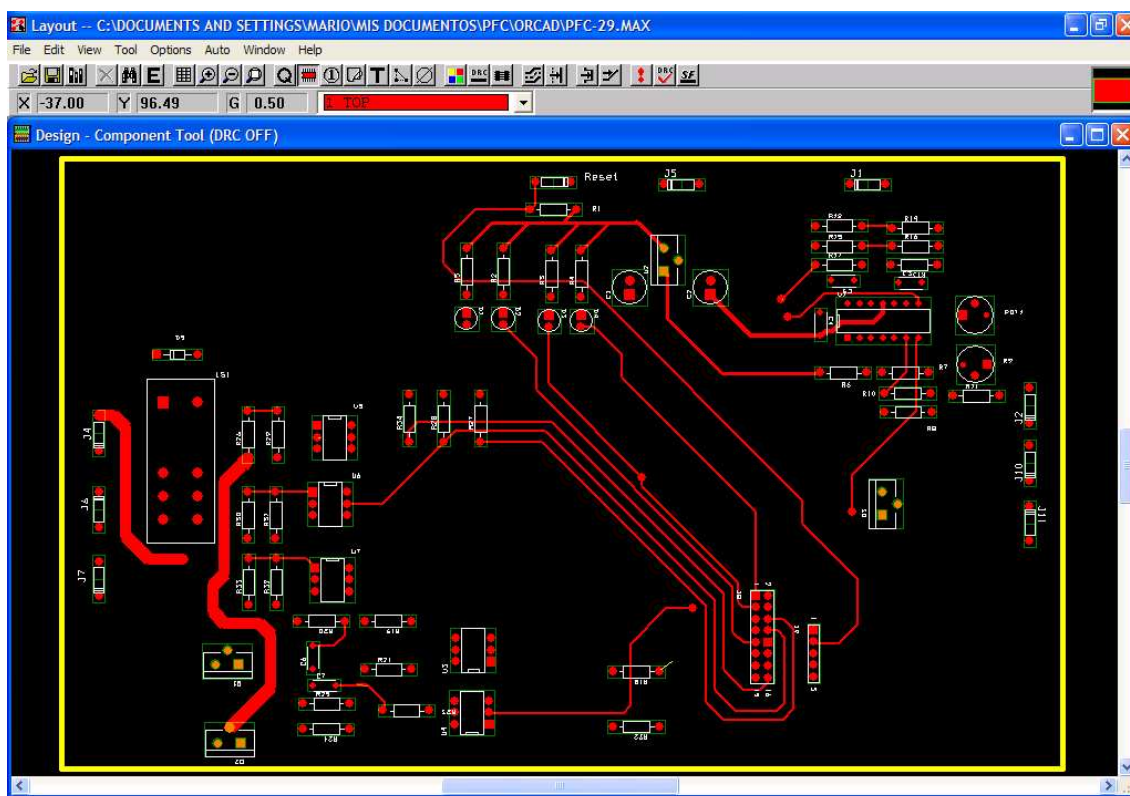


Imagen 44. Capa Top. Del Layout

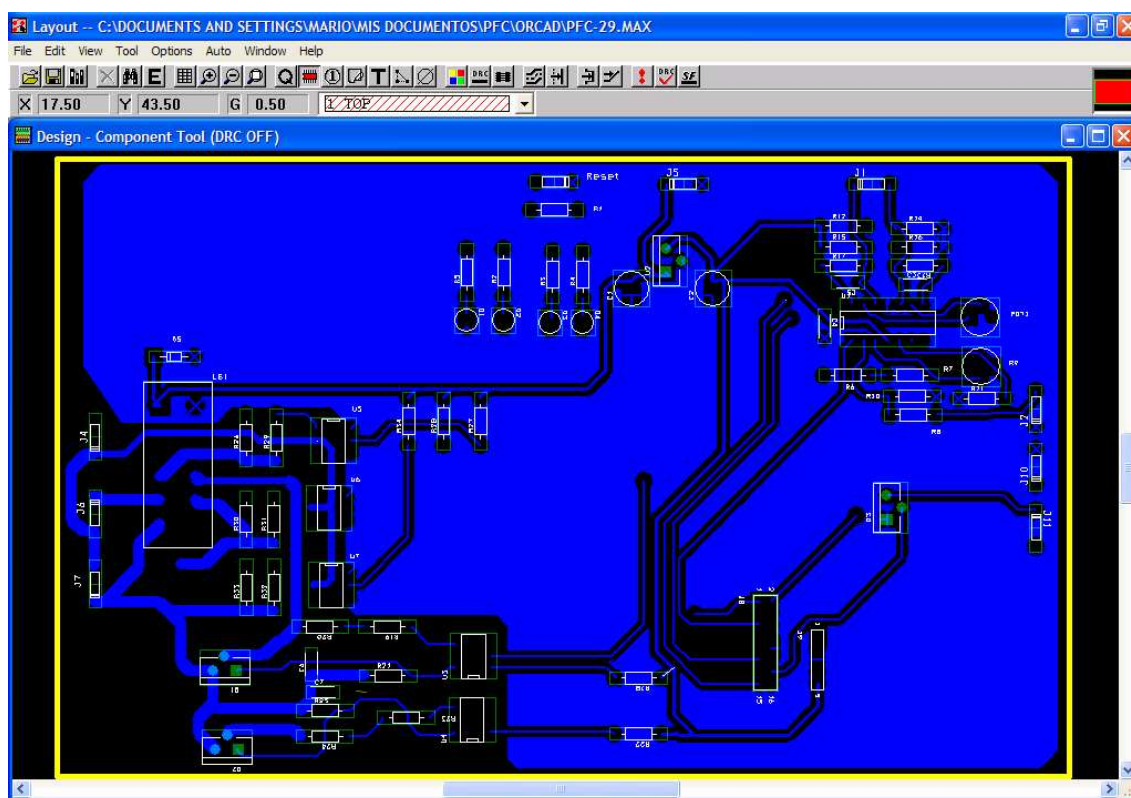


Imagen 45. Capa Bottom.

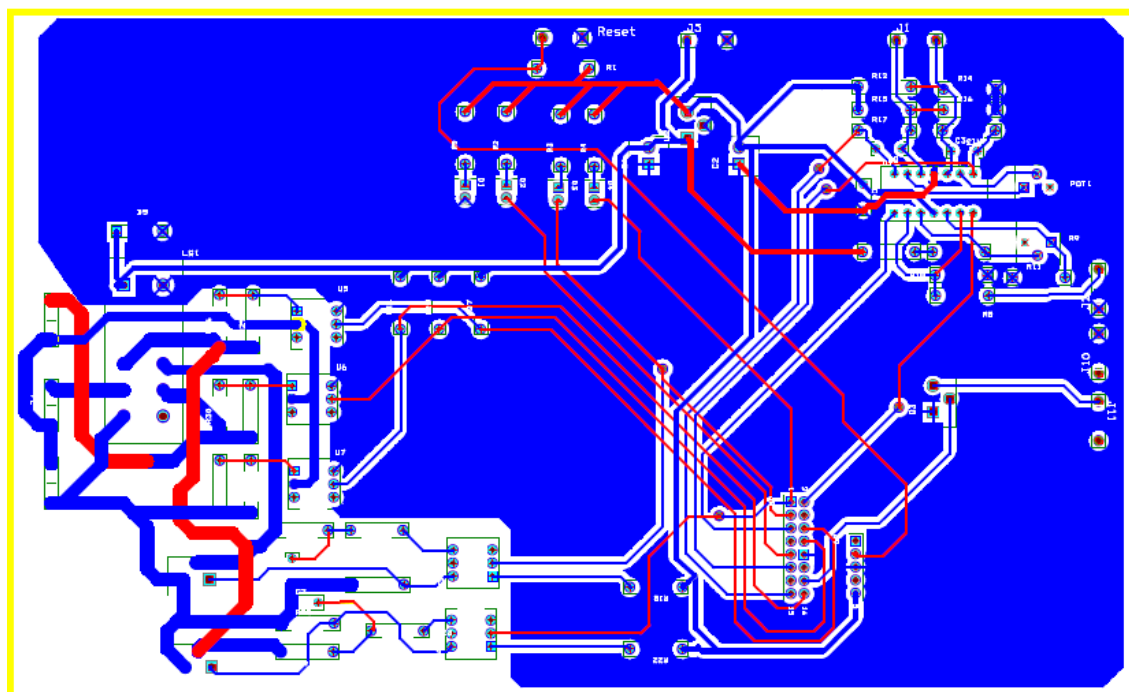


Imagen 46. Global Layer